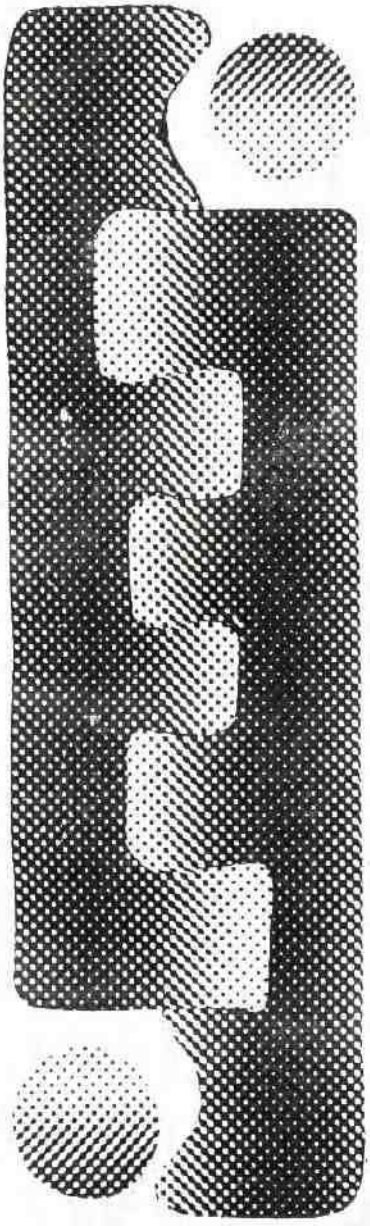


整体的哲学

VISIT…

整体的哲学

——组织的起源、生长和演化

金观涛 著

四川人民出版社

一九八七年·成都

责任编辑：安庆国
特约审稿：王宰衔
封面设计：戴士和
封 面 画：郑玉珂
插　　图：
装　　帧：盛寄萍

走向未来丛书

整体的哲学

金观涛 著

四川人民出版社出版（成都盐道街三号）
四川省新华书店发行
自贡新华印刷厂印刷

开本787×960mm 1/32 印张 9.6 插页 13 字数 283千
1987年6月第一版 1987年6月第一次印刷
ISBN7—220—00026—X/C·18
统一书号：17118·194 印数：1—118,500

定价：1.95 元

《走向未来》丛书顾问

（按姓氏笔划为序）

包遵信　严济慈　杜润生　张黎琴　陈一咨
陈翰伯　钟沛璋　侯外庐　钱三强

《走向未来》丛书编辑委员会

主　编：金观涛

副主编：陈越光　唐若昕

编　委：（按姓氏笔划为序）

丁学良　王小强　王岐山　王军衔
王晓鲁　王　焱　尹蓝天　乐秀成
朱嘉明　朱嘉豪　刘　东　刘青峰
严家其　何玉凌　张　钢　阮芳赋
陈子伶　陈越光　易小冶　金观涛
秦晓鹰　贾新民　翁永曦　唐若昕
陶德荣　黄江南　董秀玉　樊洪业
戴士和

编者献辞

《走向未来》丛书和读者见面了。

她凝聚着我们的心血和期望。

我们期待她能够：展现当代自然科学和社会科学日新月异的面貌；反映人类认识和追求真理的曲折道路；记录这一代人对祖国命运和人类未来的思考。

我们的时代是不寻常的。二十世纪科学技术革命正在迅速而又深刻地改变着人类的社会生活和生存方式。人们迫切地感到，必须严肃认真地对待一个富有挑战性的、千变万化的未来。正是在这种历史关头，中华民族开始了自己悠久历史中又一次真正的复兴。

在艰苦而又富有生命力的改革道路上，我们坚定了马克思主义的信仰，理解了科学的价值，并逐步深化了对我们时代和民族的认识。今天，我们听

从祖国的召唤，热情地投身于实现社会主义现代化的伟大潮流。

马克思有一句名言："思想的闪电一旦真正射入这块没有触动过的人民园地，德国人就会解放成为人。"* 今天，照亮我们民族的思想闪电，就是马克思主义、科学精神和我们民族优秀传统的结合，以及由此开始的创新！

《走向未来》丛书力图从世界观高度把握当代科学的最新成就和特点，通过精选、咀嚼、消化了的各门学科的知识，使读者特别是青年读者能从整个人类文明曲折的发展和更迭中，理解中华民族的伟大贡献和历史地位，科学地认识世界发展的趋势，激发对祖国、对民族的热爱和责任感。

她特别注重于科学的思想方法和新兴的边缘学科的介绍和应用；把当前我国自然科学、社会科学，以及文学艺术方面创造性的成果，严肃地介绍给社会，推动自然科学与社会科学的结合。

《丛书》是个新的园地，她将自始至终贯彻严肃认真的学风和生动活泼的文风。

《走向未来》丛书，从她一开始就受到老一辈共产党人关怀，受到学术界前辈的热情支持。

---

* 《马克思恩格斯选集》，人民出版社，1975年版，第1卷，第15页。

约四百年前，弗兰西斯·培根在《伟大的复兴》一书序言中，曾经这样谈到书中描述的对象，他“希望人们不要把它看作一种意见，而要看作是一项事业，并相信我们在这里所做的不是为某一宗派或理论奠定基础，而是为人类的福祉和尊严……。”我们怀着真挚的感情，把这段话献给《丛书》的读者，希望广大读者关心她、批评她、帮助她。

让她成为我们共同的事业。

《走向未来》丛书编委会

一九八三年六月于北京

序

理性哲学的理想

人类理性的重大进步，几乎都来自对已经分裂的既成现实的不满。

——作　者

无为的信仰是僵死的

——赫尔岑

自从十几年前《控制论和科学方法论》一书的手稿完成以后，我就不曾想到会再来写一本方法论的著作。我认为，在理论研究中运用新的方法比写方法论的著作更为重要。几年来，我和我的合作者一直致力于将现代科学方法运用于历史和社会学的研究之中。我们高兴地听到来自各个方面的意见和批评。其中，一种意见认为，我们的历史研究不是历史，而是控制论在历史学中的运用；这确有一定道理，尚在意料之中。有趣的是一些研究控制论和系统论的学者对我说："你们所用的方法根本不是控制论和系统论"。"它们和国外的 Cybernetics, Control theory或System theory都有很大不同。"这种意见开始时令我吃惊，但后来仔细考虑了一番，觉得并非完全没有道理。的确，在我们所用的方法

之中，经典的控制论，系统论已经被进行了消化，得到了某种适合社会科学的改造，特别是熔入了很多我们自己多年研究和思考的结果。这使我想到，系统地向读者展开一下我们经常运用的方法论的哲学基础似乎是必要的。

近几年来，系统论、控制论和信息论正在我国理论界掀起一股广泛的热潮，人们纷纷在社会科学各个领域中尝试着新方法的运用。信息、反馈、控制、机制、稳定性等大量新概念和新名词破门而入，涌进许多传统的社会科学领域。灼人的形势甚至引起了不满和忧虑。有人认为这不过是一场热症。确实，在这场方法论的革命中除了生气勃勃的四面出击，也还有着各种性质的混乱。人们的不满和担心是完全可以理解的。一方面，当上述崭新的方法开始涌入社会科学各个领域时，饥饿的人们会来不及细嚼就把有关的概念几乎生吞了下去，种种表面的牵强附会也必然随之产生。这是一个必然要经历的阶段。另一方面，那些新兴的横断科学还十分年轻，它们成长过于迅速，基础不够坚实。老三论（人们常用它来统称控制论、信息论和系统论）尚未被人们完全消化，新三论（指突变理论、耗散结构理论和协同学）又被迅速引进。它们之间究竟有什么关系？在方法论中各占什么地位？不要说读

者，即使有关领域的专家，包括新学科的创始者，也未必十分清楚。人们忙于建设和运用，来不及去深思它们共同的方法论和哲学基础。

这一混乱而生气勃勃的建设景象，使人想起维纳在创立控制论时讲过的一段话："这些专门化领域在不断增长，并且侵入新的疆土。结果就象美国移民者，英国人，墨西哥人和俄罗斯人同时侵入俄勒冈州所造成的情况一样——大家都来探险、命名和立法，弄得乱七八糟，纠缠不清。"① 维纳这一段话意在指出，各门具体学科的汇流，势必导致创立新兴的横断和边缘学科。富有戏剧性的是，维纳讲这段话以后四十年，同样的倾向居然出现在这些学科自身、以及社会科学与自然科学之间。我们认为，这反映了一种向更高层次综合的需求。显然，时代需要把这些横断学科的成果综合起来，搞清它们共同的基础，产生一种严肃的带有哲学方法论意义的组织理论。

本书企图在这方面作一些尝试。不过，科学通向哲学的道路是崎岖的。将现有的各门横断科学所共同遵循的原则抽象出来并不等于哲学方法论。我们认为，一般系统论、控制论、信息论，耗散结构理论，协同学和突变理论都从各自不同的角度来研究

① N·维纳：《控制论》科学出版社1963年第二版，第2页。

组织系统，至今却还没有统一。除了它们的侧重点有所不同外，还有一个重要原因，这就是在有关组织和整体的思想中，各有关理论内部和理论之间还存在着某些重要的缺环，而其中最重要的就是缺乏对组织内部演化动力的研究。只有结合更深入的哲学思考，从社会科学和自然科学的更广泛的领域吸取营养，才能升华出新的概念。

因此，本书除了系统地吸取前辈大师们的重要成果，并作出适当的重新表述外，还侧重地把近年来刘青峰及其他合作者与自己在有关社会科学研究中首次运用的一些新概念——如组织生长，容量，功能异化和无组织力量等等——从整体上全面考虑，并编织、融合到统一的方法论结构中去，以建立组织理论的大厦。当然，和本书所提出的目标相比，我们做的还差得太远，摆在读者面前的实际上只是一个纲要。组织理论的成熟和整体哲学的概括无疑需要更多的深思和锤炼，需要更多具体学科的成果为基础，它远非少数人的学识所能胜任，它需要我们时代各门学科学者的共同努力。但是，我们之所以仓促地把尚不成熟的著作拿出来和读者讨论，实际上是想表达我们内心的一种理想：自然科学和社会科学是统一的！科学和理性仍应是我们时代思潮的主流。

如果把今天人类的思想和上一世纪或更早的时期相比，我们会发现一种奇怪的矛盾现象。

从几个世纪以前开始，科学的理性和科学精神从地平线向上升起，首先在物理、化学等领域获得成功，而且表现为一种强大的精神力量。人们对他们的未来充满信心。在深刻的思想界，虽然科学的光芒尚未照耀到社会科学和人文科学等更为广大的地区，但人们相信真理的统一，相信科学理性的力量。科学家不但认为自然科学和社会科学是统一的，而且认为人类活动的感性领域也应受到科学和理性的指导。人们相信科学方法总有一天可以扩大到这些领域。不少思想家一开始就身兼两者，毕生致力于两者的结合。众所周知，斯宾诺莎是借用几何公理的方法来推演他的伦理学体系的。哲学家往往高瞻远瞩，认为真善美可以服从于统一的理性。洛克这样写道："为真理而爱真理，乃是人类在这个世界上达于极致的主要部分，也是其他德行的温床。"

奇怪的是，当今天科学取得了史无前例的辉煌胜利而迅速蔓延到人类活动一切领域的时候，人们对科学理性的信心却动摇了。在强大的科学面前，人们反而不知道科学是什么了。在一些人眼中，似乎科学的扩张不过是科学知识甚至名词术语以及仪

器技术的堆积而已！近年来科学哲学的发展，反映了人们对科学本质的焦虑和寻找；但就在这种关于科学自身基础的研究中，非理性主义的倾向也蔓延开来。某些科学哲学流派认为，科学或许并不是真理，而不过是一种宣传甚至一种宗教、一种神话。无疑，这些研究也不是完全没有意义的，它们把人类对科学的理解，特别是把人类对科学和社会、科学和信仰之关系的理解大大深化了一步。然而这只是发现了问题，而没有解决问题。正如库恩的同事在评价库恩哲学时所说："他造就了魔鬼，又不知道怎样对付魔鬼。"也许，当代整个科学哲学和科学方法论的研究都处于类似的境地。

确实，世界本身和人的内心都是复杂的。几个世纪以来，人类只是依靠着理性来克服非理性，依靠科学来战胜非科学，但对于理性和科学方法本身却缺乏更高层次的认识。也就是说，人们只不过用理性掩盖了非理性。随着科学技术迅速膨胀，非理性、非科学方法必然一天天又暴露出来。本世纪初，心理学家詹姆斯就发现了这一点，他指出："我们把正常的，清醒的意识称为理性意识"，但"这只是一种特殊的意识，除此之外，还有一种截然不同的潜在形式的意识，它是朦胧隐蔽的。"

对科学方法和理性，内心的动摇带来的后果是

一些学者给自己的研究领域筑下了樊篱，而不允许自然科学方法侵入，认为这是非科学的领地。他们认为社会科学和人文科学有自己特殊的领域，有自己特殊的方法，这些方法甚至和自然科学大不相同，甚至不是科学所能概括的。本来，每一门学科都有自己的对象，都有自己长期形成的方法。自然科学运用到社会科学时，必须加以改造，这并不错。正如康德在《实践理性批判》中所说，惊奇和敬畏虽然能够激起人们去探索，但毕竟不能代替探索。简单地把自然科学方法扩大到社会科学和人文科学是不行的。但微妙的是禁止进入的心理。那种认为科学和理性方法有严重局限性的先入为主的信念，那种认为世界是分裂的，包括我们对世界的认识也需是分裂的心理，是值得我们深思的！

我怀疑，对科学方法论信心的动摇是否表明一百多年来人类的科学和理性在自身丰硕成果面前产生的迷失之感，是否表明科学方法的异化，表明科学已经失去了正视自己成功的勇气！正因为如此，我认为系统论、控制论这些横断科学的兴起有着特殊的意义，因为这些横断科学本身是从自然科学、社会科学、人文科学内部和之间生长出来的，从研究对象到内容，它们都具有强烈的边缘性。这些学科的兴起特别是其哲学基础的探讨则更有意义。它们

和思辨哲学不一样，思辨哲学想用纯思辨来包容自然科学和社会科学，而这些横断科学则本身充满了科学和理性精神。它们正在蕴育着自然科学和社会科学更高层次统一的方法论。因此，我们应为这些学科的兴起而欢欣鼓舞，并期待着它们有一天成熟起来，产生一种包容今天人类精神成就的更为强大的科学方法和理性思维。也许，这正是今天哲学家的使命。

总之，今天人类正处于一个理性主义退潮和日益分裂的世界中。但我认为可悲的并不在于人类尚不能把整个知识统一起来，而在于我们已经满足了这种分裂。人们常常有这样的意见：既然世界是多元的，真理也必然是多元的，因而分裂是正常的，对世界统一的解释也许只是一个古老的梦幻。这种观点是混淆了问题。科学上的多元论和探求世界的统一性是认识之剑的两个不同的刃，缺少了任何一个，我们都将变得肤浅而易于满足。彻底的多元主义本身也应该容忍反对多元主义。历史似乎表明，人类在理性科学上的重大进步，几乎都是因为发现了世界看来是相互独立的各方面之间的联系；而最初的起点都是对已经分裂的既成现实的不满。

多元主义之所以有合理的成分，关键在于它主张科学的宽容精神。在多元的背后隐藏着一个统

一，那就是对进步与创新的渴求。哲学家应该永远充满着无畏的怀疑精神。当一元论居于主导地位时，他应该去怀疑是否已出现了一种迷信；当多元主义思潮滚滚而来时，他同样应怀疑表面上的多极性或许只是一种浅薄的时髦。思想深刻的哲学家永远在寻找世界深刻的统一性。正如波尔所说，浅薄真理的反面是谬误，但深刻真理的反面照样是真理。我认为这恰当地说明了多元论和一元论之间的关系。

哲学家的良心在于完成人类思想精神的不断自我超越，它的价值在于思想上永远往前迈出尝试性的一步。他怀疑自己的存在，怀疑人类的过去和已经取得的一切光荣和成就。他可能会在常识问题上犯错误，比如主观唯心主义，但这往往是一种大无畏的错误。他用这样的错误告诫人们，那些千百年来在常识问题上显而易见的真理并不那么神圣。

面临分裂的时代，今天的哲学家首先需要勇气，要有综合的气概，他必须不满足于自己所熟悉的领域，敢于涉足完全陌生的天地，到那里去验证自己的哲学。在自然科学和社会科学迅速发展、知识爆炸、而理性主义却在退潮的今天，囚禁于专业性越来越强甚至一天比一天狭窄的学科领域、或者沉溺于种种非理性的无为信仰，都是十分自然和容

易的倾向。正因为如此，我们的时代更渴求着勇敢的整体的哲学！

整体方法的奥妙在于：人类必须意识到，当他们用某种预定的方法去改造世界时，他们和这些方法本身必定会被改变了的世界所改变。明智的实践活动应该去驾驭这种改变，而不是抗拒它。

——作 者 1986年

目　录

序：理性哲学的理想 …… 1—12

第一章　历史的导言：整体方法的兴盛…… 1—38

1-1 整体之谜…… 3
1-2 内稳态的发现…… 6
1-3 从维纳到艾什比：调节行为的起源…… 11
1-4 目的性、大脑和学习机制…… 16
1-5 生命：介于随机性和因果性之间？ …… 28

第二章　什么是组织？ …… 39—73

2-1 黑箱和整体中的部分…… 41
2-2 组织，功能耦合系统…… 50
2-3 结构主义三要素…… 62

第三章　稳定性、存在和价值……75—127

3-1 组织系统的稳定性…… 77
3-2 自耦合分析…… 83
3-3 维持生存的功能和结构…… 92
3-4 存在的逻辑…… 105
3-5 吸引子、组织起源和价值观…… 111
3-6 小结：活的组织…… 123

第四章　生长的机制…… 129—167

4-1 从蝴蝶花纹和圆锥曲线的关系讲起…… 131
4-2 内稳态对生长的意义…… 139
4-3 货币的起源和神经系统的发育…… 145
4-4 生长作为层次展开：超目的与超因果…… 155

第五章　组织的结构、容量和形状…… 169—210

5-1 组织的层次和结构稳定性…… 171
5-2 结构对容量的限制：为什么生长有极限？…… 178
5-3 维生结构与突变理论…… 188
5-4 形态发生机制…… 199

第六章　老化过程和功能异化…… 213—275

6-1 从仪器老化原理讲起…… 217
6-2 浴盆曲线和功能对结构的反作用…… 221
6-3 衰老理论种种…… 228
6-4 功能异化与结构畸变…… 237
6-5 模拟演化…… 250
6-6 无组织力量和熵增加的异同…… 258
6-7 组织演化：我们面临新的综合…… 272

第一章
历史的导言：
整体方法的兴起

那些高级的目的性，甚至人类的目的行为，能否也解释为各种层次的交互作用和对稳态的寻求？

——作　者

我相信，科学和理性可以理解自然界、人和社会，而思辨哲学只不过是科学的前奏。

——作 者

1-1 整体之谜

“整体大于部分之和”，这几乎是一个妇孺皆知的哲学原理。它太常见了，人们对它已熟视无睹。然而很少有人进一步追问：“为什么整体一定大于部分之和呢？”

自古以来，人类就常常同整体与部分的关系打交道。我们可以将房子拆成一块块的砖，然后按图纸重新砌起来；机器可以拆卸成一个个零部件，再装配起来，仍具有原有的功能。然而，有机体、生命组织奇妙的整体性却令人困惑。只要我们将有机体各部分从整体中互相分离，它就会很快死亡。整体所具有的属性也就不可逆转地消失了。古人曾用“灵魂”、“生命之气”来表达对有机体整体性的

敬畏。近代科学兴起之后，解剖学、生理学向人们提供了大量有关生命的知识。但有机体整体大于部分之和依然是个难解的谜。科学家们很清楚，组成生命系统的砖块和无机界一样，归根到底无非是原子和基本粒子。尽管人类对这些砖块所遵循的运动规律已知道得十分详细，但有机体产生、发育、生长、老化以至死亡的规律却不是物理和化学原理所能解释的。

哲学家早就感到，这里一定大有奥妙。生物体、人、社会本质上都是由原子分子形成的不同层次的组织，但那些无生命的元素一旦形成组织就会产生新的性质。无机物是没有目的的，但生命系统可以自繁殖，具有目的性以及对环境的适应性。组织系统越复杂，行为往往也越高级。人们曾思辨地把组织和整体奇妙的特性表述为普遍的哲学原理。然而这至多只做了描述性工作，组织系统整体的秘密仍使人迷惑不解。为什么低层次的子系统或元素一旦形成组织，一定会出现原有层次所没有的性质？象目的性、适应性、生长发育这些有机体的特性和低层次物质的性质如因果性有什么关系？如何研究复杂组织系统运动的规律？

一直到本世纪三十年代，问题的答案才开始在地平线上朦胧地出现。科学家发现，人们认识目的

性、适应行为、组织层次之间的关系困难重重，很多时候并不是我们缺乏对这些组织足够详细的知识，而是缺少一种新的研究组织系统的方法。一系列带有浓厚哲学和方法论色彩的横断学科开始兴起。冯·贝特朗菲提出了“一般系统论”，维纳创立了“控制论”，申农则发现了“信息论”。在这些新兴学科提倡的整体方法的指导下，人类对组织系统规律性的研究获得了突飞猛进的发展。五十年代后，有关方法论方面的创造性进展接踵而来，普里高律的耗散结构理论、托姆的突变论、哈肯的协同学，组织系统方法论研究出现了群星灿烂的局面。在哲学方面，相应也掀起了结构主义、功能主义和行为主义的思潮。总之，通过近五十年的发展，今天人们已经感到，可以把这些新兴学科在各个方面的成果和种种探索综合起来，形成统一的方法论。这就是研究组织系统的产生、发展、演化以及整体和部分关系的新理论——一种组织的哲学或者说整体的哲学。

在进行这方面的综合和尝试之前，我们必须面顾一下历史。一百多年前赫尔岑曾这样讲过：“现时的人们是站在山巅上的，他们可以对辽阔的风景饱览无余，不过这幅风景画却很少展示铺向山巅的道路，”因而那些“从天才的思想家的强有力的肩

膀上很容易就攀登上去的年青一代，往往没有登山的那种热爱，也没有钦敬之情，山峰对于他们不过是见异思迁的事物”。当今的方法论学者是站在山巅上的，半个世纪来交叉学科的成果是这样丰富和深入，我们在组织系统的细节方面已经知道得如此之多，它有时反而给人们带来一种茫然不知所措的感觉，研究者常常会迷失在繁复的理论和艰深的数学分析之中。因此，简明地回顾一下先驱者登山的道路是必要的，它将向我们展示人们在研究组织系统中碰到的历史性困难以及这些困难是如何克服的。历史将向我们表明，今天的整体理论是怎样发展而来？为了进一步往上攀登，我们应该选择哪些新的道路和方向？

1-2 内稳态的发现

科学史上常常有这种情况：那些对后世具有重大价值的方法论贡献最初竟出现在一些人们意想不到的地方，它们或者过于平凡，使人熟视无睹，或者由于专业过份专门和狭窄，人们很难看到它们具有普遍的意义。组织系统研究方法的突破正是如此，它开始于“内稳态”的探讨。

十九世纪末和二十世纪初，法国生理学家贝纳德发现，一切生命组织都有一个奇妙的共性，这就是它们的内环境（如体内液床，血浆、淋巴）在外界发生改变时能够保持稳定不变。贝纳德感觉到它对于说明有机体奇妙的整体性有着重大意义。他曾以哲学家的口吻写道："内环境的稳定性乃是自由和独立生命的条件"。"一切生命机制不管它们怎样变化，只有一个目的，即在内环境中保持生活条件的稳定"。虽然某些科学家（如J.S.Haldane）把它当作"由一个生理学家提出的，意义深长的格言"，但贝纳德的思想除法国外，很少为人所知，他所提出的有关稳态的思想被忽略近七十年之久。

本世纪三十年代，稳态对于生命系统的重要性再次由美国生理学家坎农提出。坎农惊奇地发现，象有机体这样复杂的组织系统似乎是生活在一个奇怪的悖论之中。一方面有机体作为整体存在需要一系列十分严酷的内部条件。例如，"当脑血管中的血流发生短时间的停滞时，就可导致脑的某一部分活动的突然故障，从而发生昏迷和知觉丧失。"① 躯体生命的存在除了需要大脑供血量稳定外，还要

①（美）W·B·坎农：《躯体的智慧》，商务印书馆1980年版，第61页。

求血液中水含量的恒定、盐含量的恒定、血蛋白的恒定、以及血液中性的恒定、体温的恒定、供氧量的恒定等等。一旦身体内这些条件长期偏离所必需的恒定值，我们将毫无例外地看到死亡，生命组织分解为分子和原子，整体瓦解。然而另一方面，这些维持生命所需的内部条件却又是处于一系列内部和外部干扰之中的。外界温度忽高忽低，人既可以生活在干旱的沙漠中，又可以生活在潮湿地区，一个生活在高山上的人和生活在平原上的人他们所吸进的空气含氧的浓度是大不一样的，然而生命却可以有惊人的能力来克服条件的多变性和内环境要求恒定之间的矛盾。这就是生命组织的适应性。坎农曾颇为感叹地写道："当我们考虑到我们的机体的结构的高度不稳定性，考虑到机体对最轻微的外力所引起的纷乱的敏感性，以及考虑到在不利情况下它的解体的迅速出现等情况时，那么对于人能活几十年之久这种情形似乎是令人不可思议的"，①特别是认识到这种结构（有机体）"本身并不是永恒不变的，而是在活动的磨损和裂解中不断地解体，且又籍修复作用不断重建时，更要使人感到惊奇"。②

①②〔美〕W·B·坎农：《躯体的智慧》，商务印书馆1981年版，第5页。

本着这种惊奇之感，坎农作出了一个划时代的发现，他认为任何生命组织都必须具有一种基本的性质。这就是组织内部必须是“稳态”，他指出，生命组织各部分生存所需条件的苛刻和整体的稳定性并不矛盾，虽然有机体任何一部分存在所必须的条件每时每刻处于干扰之中（干扰可以来自外部和内部），但有机体具备这样一种能力：那些条件一旦发生偏离，偏离会迅速得到纠正。比如生命活动的基础是蛋白质和酶，对于高级生物，生命活动所依赖的生化反应的温度都必须控制在36℃—40℃之内，但无论是有机体内和体外，温度都可能受干扰而变动，有机体建立了一套机构，当温度一旦偏离生命所需的恒定值，马上导致一系列反应，可以使温度重新回到恒定值。对于其他种种条件的恒定也是同样。坎农把它们称为内稳态。而把躯体维持内稳态的机制称之为拮抗装置。他认为，也许正是这种拮抗装置的存在，才能把各个部分组织成一个整体，使得生命和组织系统能在各种各样内外干扰下长期存在。正因为如此，“北极的哺乳动物处在零下35℃的环境中，其体温并无显著的下降，再说，在空气极为干燥的地区的居民在保持他们的体液上并无多大困难。攀登高山探险和在高空飞行的人们，其周围环境的氧分压虽然明显降低，但并不显

示出严重的缺氧的表现。”①

坎农敏锐地感到，内稳态不仅是生命组织的共性，还适用于社会和一切组织系统。在他的代表作《躯体的智慧》最后一章，从内稳态建立的角度设想了生命系统是如何产生和进化的。并把人体和社会作了巧妙的类比。认为社会组织也应该是内稳态，从经济组织中的物价、劳工工资、失业率以及交通运输一直到管理，他都作了讨论。他认为社会组织内稳态的破坏同样导致社会组织的瓦解。并指出“生物机体还提示，稳态的破坏有其早期征候，…这种警告信号在社会机体中还几乎不为人们所知，如果有一天人们能发现这些信号并证明它们的真正意义，那将是对社会科学具有头等重要性的贡献”。②

然而当时，坎农的发现并没有产生很大的社会影响，在科学界看来，这仅仅是生理学的杰出成就而已，大约坎农从事研究的领域过于专门，所作的类比也略为牵强，大多数科学家并没有看到内稳态中隐含的重大方法论意义。连坎农自己都没有想到，他已经在为今后即将出现的革命性科学思想铺

①〔美〕W·B·坎农：《躯体的智慧》商务印书馆1980年版，第7页。

②〔美〕W·B·坎农：《躯体的智慧》商务印书馆1980年版，第198页。

平道路。

1-3 从维纳到艾什比：调节行为的起源

今天看来，坎农对组织系统方法论的贡献主要有两个方面，首先，内稳态是任何组织系统重要的共性，它可以成为人类洞察组织秘密的突破口，这一点坎农天才地猜到了。我们在第三章将证明，任何一个组织必须有基本的维生功能，它正是坎农内稳态思想的扩展！最重要的，坎农第一次明确定义了什么是“适应性”。生命组织研究一个重大困难，就是它性质的极端复杂。象“学习机制”“适应行为”这些只有有机体才具有的特性往往只可能意会，不可言传。人们说不清它是什么，坎农用科学的语言指出，躯体的适应性实际上只是一种抗干扰能力，不管有机体适应的对象是什么，它可以是温度、也可以是氧含量或者其它环境变化，一切适应性都可以表达成当外部条件发生随机变化时保持某一个变量处于适当值的机制。也就是说坎农最早从行为机制的角度概括了适应性。杜威曾经说过“很好地阐明一个问题，那问题就解决了一半”。

人类一旦发现，生命系统那千变万化难以捉摸的适应性乃是一种内稳机制，那么揭示这种机制的本质也就为期不远了。坎农已经接近了控制论的门槛。

但是，最后揭示内稳态的机制并不是作为生理学家的坎农所能胜任的。他面临的领域是这样广阔，为了在生物、人类行为以及形形色色组织中阐明适应机制的本质，需要生理学家、数学家的合作，需要各门学科的交叉和具有哲学眼光、高瞻远瞩的方法论大师。在坎农提出内稳态概念十几年后，数学家维纳和坎农的助手罗森勃吕特迈出了关键性的第二步。众所周知，这就是“负反馈调节”机制的发现，以及随之而来的控制论和信息论的诞生。

维纳和罗森勃吕特等人提出，一个组织系统之所以有受到干扰后能迅速排除偏差恢复恒定的能力，关键在于存在着如下“负反馈调节”机制：（图1.1）。系统必须有一种装置来测量受干扰的变量和维持有机体生存所必需的恒值（我们将其称为控制目标）之间的差别，这种差别称

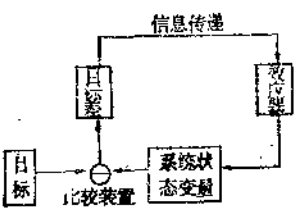


图1.1

为目标差，然后由目标差来控制效应器，只要效应器的作用能使目标差逐步缩小，那么系统变量在受干扰后能依靠这种调节机制自动恢复到目标值，以保持内稳态中各种变量的稳定。负反馈调节机制的关键在于：由目标差到效应器一直到系统状态变量组成一个封闭的环路。在负反馈调节中既使效应器仅仅作出机械的反应，但作为整体却能达到调节的目的。

就以人体组织维持体温为37℃而言，从物理上讲任何一个能放热的化学反应都可以用以升温。从最终结果看来化学反应放热和用煤燃烧升温，两者并没有本质不同，但是一间温度为10℃的屋子要烧几块煤才能达到37℃呢？这可能是一个最优秀的工程师都难以解决的问题。除了计算煤的放热量外，我们还必须知道房子的热容量、室外温度、开了几个窗、空气流动量等等。而生命系统却有着一种非凡的能力，它可以适当地控制这些放热物理和化学过程，从而恰恰达到所需的温度。长期来，它被看作只是生命系统才有某种达到目的的能力，而受因果律支配的无生命系统是不具备这种能力的。

负反馈调节机制发现后，问题迎刃而解了。原来，在封闭回路中，放热过程是受目标差控制的，只要有一种装置时时刻刻测量房间温度和目标值的

差别，当室内温度低于37℃时，效应器放热，当室内温度高于37℃时，效应器能吸热，那么既使效应器放热量控制不准确，反馈调节环路的存在也能使一个机械的反应过程变成达到目的的过程，当一次放热温度没有达到37℃，那么目标差依然存在，效应器继续放热，而放热过多超过37℃时，效应器会吸热，室温一步步向37℃逼近，而室内温度一旦达到了37℃，目标差消失，效应器关闭，当温度一旦在干扰作用下，再次偏离37℃，那么整个调节机器又会开动起来，宏观上使温度自动保持在37℃左右。这里，回路中每一个环节似乎都是机械的，但整体上却把37℃看作调节的目标值。如果仅仅去分析物质的构成和系统所处的物理化学层次，那么身体的温度调节和一个装有负反馈温度调节器的房间是完全不同的东西，但两者在调节机制上却完全一样。现在科学家基本上搞清了人体调节体温内稳的复杂机制，它是由很多反馈系统构成，当然这些反馈系统中的元件是细胞水平和生化水平的。

在坎农那里，有机体“内稳态”多少有一点神秘的性质，虽然坎农引用了大量实验数据证明躯体的神经系统在维持内稳态方而具有重要作用，但从哲学上，坎农还把这种有机体独特的维持内稳的能力称为“智慧”，而控制论却指出，这种“智慧”

无非是自然界普遍的负反馈调节而已，用电气的机械元件也能做到这一点。

负反馈调节使人们发现信息在调节系统中的重要作用。因为负反馈调节的关键性环节是目标差的测量，我们可以用水银温度计来测量房间温度，然后计算一下目标差，用手来调节效应器，也可以将温度差变成电脉冲信号或类似于人体中存在的神经元的兴奋等其它信号来触发效应器。在这里反映目标差的物理或化学载体无关紧要。重要的是，用某一种差别来反映目标差，并把这种差别和效应器关联起来，众所周知，这就是信息。也就是说维系内稳态最重要的就是目标差的信息本身和这种信息的无误传递。由此，再考虑到自然界形形色色的组织系统内部和之间信息传递的普遍存在，一种广义的结构功能观发展起来，它为把坎农的内稳态推广到一切组织系统提供了坚实的理论基础。因此，控制论出现后，一系列人们原来根本没有想到过的学科，如神经控制论，经济控制论，教育控制论，社会控制论如雨后春笋般地成长起来。这些学科研究的对象是自然界形形色色的组织系统，但它们都冠以“控制论”，这正好标志着它们有一个共同的核心，这就是用反馈原理探讨维系这些形形色色组织的内稳机制。

本世纪四十年代前后，组织系统内稳机制在方法论上已经搞清楚，这就是控制论中反馈调节和信息论的贡献。但是“负反馈”调节仅仅解释了维持内稳态的机制，而没有揭示这种调节机制的起源。原因很简单，任何一个反馈系统研究和模拟必须先确定目标，也就是内稳态中那些须保持不变的恒值，然后才能寻找鉴别目标差的信息机构和信息传递机构与效应器之间的关联。也许对于一个想模仿生命系统维持内稳态神秘能力的工程师和数学家，这已经够了。但为了洞察调节能力和内稳态的起源，仅仅有负反馈是不能令人满意的。人们自然要问，内稳态的目标值是怎样确定的？人可以为调节器设计目标，但却不能把目标强加给自然界。有机体不是工程师创造出来的，人设计维系内稳态的负反馈调节器不能代表有机体自身内稳态起源。

富有戏剧性的是，数学家和工程师碰到困难时，再往前走又不得不依靠有数学和哲学头脑的生物学家了。艾什比出现在历史的舞台上。

1-4 目的性、大脑和学习机制

自古以来，人们就把“目的性”看作生命组织

和无生命系统的重要差别。近代科学兴起后，科学家常常陷于这样的苦恼：科学精神早已抛弃了“目的论”，它强调可以对自然现象进行因果解释，而不需要亚里士多德式的把趋向目的作为事物发展的原因；但是生命系统确实是“有目的”的，它很难用无目的的“因果”过程来解释。那么这是否意味着我们在研究生命系统时要放弃科学对自然的因果解释而回到古老的目的论呢？反馈机制的发现使科学家在黑暗中看到了一线光明。在反馈机制中每个组成部分都是纯因果性的，无论是目标差的测量，还是效应器工作原理，都不存在“目的性”。但一旦这些部分组成闭路，居然可以构成达到目的的运动。因此维纳发现反馈调节原理后，马上感到它对解释自然界目的性的起源有重大意义。1943年维纳在控制论奠基性文献《行为、目的和目的论》中指出：一切有目的的行为都可以看作需要负反馈的行为。“目的论等于由反馈来控制的目的”。维纳的立论精辟而深刻，今天控制论学者已熟知，任何组织达到目的的行为中，一定存在着不同程度的反馈控制。

但是，目的性行为包含着两个问题，第一，目的是怎样产生的？第二，怎样达到预定的目的。反馈只回答了第二个问题，而没有解决第一个问题。

在坎农那里，调节的目的是内稳态所维系的恒值，它们的物理意义是明确的，这就是保持生命必须的条件，内稳态对生命的意义潜含着目的的起源，但是用负反馈来把握调节过程后，达到目的过程的机制清楚了，目的的起源问题反而更难以捉摸了。似乎可以说，维纳发现负反馈是因为他没有局限于坎农，而把数学、工程等领域和生理学成果结合起来；但维纳没有进一步探讨目的的起源也正好在于他过份忽略了坎农。而只有把维纳的成果和坎农的成就结合起来，控制论发展才能翻开新的一页。艾什比正是这样做的。

艾什比发现，坎农所讲的内稳态，和数学家早就知道的微分方程稳定性很类似。人们早就熟知，假定有两个变量的变化规律遵循如下方程：

$$\frac{dx}{dt} = P(x, y)$$

$$\frac{dy}{dt} = Q(x, y) \qquad (1.1)$$

当 $\frac{dx}{dt} = 0$ $\frac{dy}{dt} = 0$ 时，意味着这两个变量不再变化。我们称不变的状态x_0、y_0为平衡点，显然，平衡点的数目可以由$P(x,y)=0$，$Q(x,y)=0$的解确定。微分方程稳定性理论告诉人们，对有的平衡点，它是稳定的，即当两个变量受到微小干扰，使x_0变为$x_0+\triangle x$，y_0变为$y_0+\triangle y$，微分方程(1.1)

将决定了这些干扰可以自动纠正，系统将重新回到平衡点x_0、y_0；而对于有些平衡点，它是不稳定的，微小干扰一旦使系统离开平衡点，偏离会越来越大。那么自然可以设想，坎农所讲的内稳态，是不是正好意味着它是那些微分方程稳定的平衡点呢？艾什比的思想十分重要，它把控制论的研究推到了一个新的高度，他在《大脑设计》和《控制论导论》这两本奠基性著作中用这种方法剖析了控制论中的种种反馈调节，发现了“内稳态”和生物适应行为以及微分方程稳定性之间深刻的一致性。

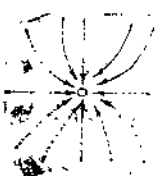
原来，控制论上，反馈调节从行为模式上讲仅仅是对微分方程平衡点附近变量x、y行为的一种概括而已。维纳发现，反馈调节有几种类型，一种是稳定的，它有效地达到某一个目的并在目标受到干扰时自动维持原有目标。第二种是正反馈，系统在正反馈作用下对目标值（平衡态）的偏离将越来越大。第三种是系统围绕目标作周期性振荡。维纳深入地探讨了生命系统和机械系统因负反馈差错或不准确而导致振荡的条件。十分有趣的是，微分方程所规定的曲线在平衡点附近的行为刚好也有类似情况。众所周知，假定x_0、y_0是微分方程(1.1)的一个平衡点，那么在这个点附近，微分方程所表达的场可以近似地看作线性的。即有

$$\frac{dx}{dt} = a(x - x_0) + b(y - y_0)$$
$$\frac{dy}{dt} = c(x - x_0) + d(y - y_0) \qquad (1.2)$$

其中 $a = \frac{\partial P}{\partial x}(x_0, y_0)$ $b = \frac{\partial P}{\partial y}(x_0, y_0)$

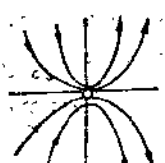
$c = \frac{\partial Q}{\partial x}(x_0, y_0)$ $d = \frac{\partial Q}{\partial y}(x_0, y_0)$

根据a、b、c、d的值，平衡点（$x_0 y_0$）附近的场必然处于如下6种情况之一。



稳定的结点
当$-(a+d)>0$
$(a+d)^2>4$
$(ad-bc)>0$
(1)

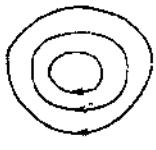
稳定的焦点
当$-(a+d)>0$
$4(ad-bc)>(a+d)^2$
(2)



不稳定的结点
当$-(a+d)<0$
$(ad-bc)>0$，
$(a+d)^2>4$
(3)

不稳定的焦点
当$-(a+d)<0$
(4)

当4(ad−bc)<0
(5)



中心点
当−(a+d)=0
ad−bc>0
(6)

(1)(2) 两种情况代表负反馈。(3)(4)(5)代表正反馈。(6)代表x、y围绕平衡点x_0y_0作等幅振荡，它正好对应着反馈调节中常见的各种类型的周期性振荡。

艾什比对控制论的发展表面上似乎平淡无奇，他所做的似乎仅仅是发现了微分方程稳定性和反馈调节之间的联系而已，但这一步却十分重要，因为在维纳那里，作为普遍调节方式的反馈的目标值是要预先确定的，现在目标值总可以从方程P(x、y)=0 Q(x、y)=0解出来。也就是说，艾什比发现，只要两个变量存在着交互作用，即存在着如图1.2所示的耦合，那么这个耦合就决定了它可能存在平衡点，从交互作用的方式就可以推出平衡点的数目，以及从平衡点的稳定性，可以判别反馈是正的还是负的。这样一来，艾什比揭示了包括目的本身在内的内稳机制的起源。举一个例子比较好理

图1.2

解。假定x、y两个变量分别表示生态组织中两种生物的种群大小（数量）。我们知道，生态平衡的维系是一个负反馈。使x、y的数目偏离生态平衡态x_0、y_0时，会出现一个负反馈调节，使x、y向x_0y_0逼近，如果从负反馈的角度来看生态平衡，我们只有预先确定了平衡值后才能分析整个系统，但平衡态是怎么出现的呢？我们并不十分清楚，但从艾什比的观察角度，函数P（x、y）和Q（x、y），实际上代表两个种群之间的相互作用，它只是用数学语言把握了两个生态物种群的各种关系而已，比如一个以另一个为食物，一个对另一个进行调节，或提供保护等等，而正是这种关系决定了平衡的存在，当系统偏离平衡时，也是这种关系维持着反馈调节。这种数量关系我们是可以通过对两种种群实际关系的把握来确定的。因此，如果系统各个部分存在着耦合，代表这种耦合的交互作用具有一个稳定平衡态，那么我们可以预言，无论系统一开始处于什么状态，这种交互作用都会引导系统达到稳定平衡。也就是说包括目的性在内的调节功能起源于交互作用。

“目的性”起源于交互作用，也就是说起源于事物之间的互相关系，这个答案多少有点出人意料。对于心灵中经常自发产生这样那样目的的人类

来说，这种解释似乎更难接受。但这个结论有深邃的洞察力：对于处于整体中的每一个部分，如社会中的人，生命组织中的细胞，目的似乎是处在规定的。而各个部分所属的整体，正是各个部分相互作用的一种方式。

艾什比没有敢涉及人类意识中那些高级的目的性。他只把自己的视野局限于那些作为本能的“目的性”的起源，即诸如生物体的内稳态、海胆产卵、飞蛾趋光或蚂蚁回巢这类比较简单的目的性行为。他发现，只要把坎农的思想贯彻到底，就能说明这类目的性的起源。坎农已经指出，当生命内稳态破坏，调节功能不能保持有关变量处于维持生命所必须的适当值时，有机体便会死亡。因而，只要引进进化论“适者生存”的观点，问题就解决了。一开始各个子系统之间可能出现各种类型的交互作用，但是那些不能形成内稳态的交互作用（相应于平衡点附近微分方程不稳定的场）将被自然选择淘汰，这样目的性被无目的的交互作用创造了出来。我们在第三章将指出，这种思想方法只要稍加扩展，就可以构成解释组织系统起源乃至进化的主要思路。

生物行为的目的性起源也是类似的，不同的只是，在这里稳态不局限于生物体内。我们要考虑生

物体和环境的交互作用。艾什比指出，凡是那些有利于生物生存的行为，把它和环境结合起来看，本质上都是一种稳态调节机制。和体内内稳态一样，它的平衡点就是那些适合生物生存的外部条件。比如生物在外界温度太高时会寻找阴凉处，从目的性角度看，避开火焰寻找温度适合的条件是一种目的性。但从生物和环境的交互作用来看，这也是某种使生物体外条件（比如体外温度）保持在适当平稳值的相互作用。它同样是自然选择的结果。表面上看，这似乎是用进化论来说明目的性。但艾什比的出发点和进化论是不尽相同的。艾什比发现各种目的性行为都是相互作用中维持稳定的一种机制。那么，窥视那种更高层次的目的性行为，比如揭开大脑学习能力的秘密，也就不难了。艾什比发现了目的性行为和学习机制之间的重要联系。他认为只要设想生物体内具备这样的机制：一旦它发现它的行为模式（对外来刺激的反应）不能保持维持生存必须条件的稳态，就马上会改变自己的反应模式，改变后的反应模式如仍不能保持稳态，那么再选择新的模式一直到出现那些能保持稳态的反应模式为止。如果一个人造系统比如一只电龟有这样的能力，那么一个生物学家会认为这是生物在用试错法学习。但实际上它只是一种更高层次的稳态机制而

已。艾什比将其称为超稳定。并用它解释了斯金纳的鸽子和巴甫洛夫的条件反射。艾什比的哲学理想是动人的：那些高级的目的性，甚至人类的目的行为，能不能用各种层次的交互作用和对稳态的寻找来解释呢？我认为，这值得深思。世界上没有无缘无故的目的，特别是那些社会化的目的。人类具有意识，意识无非是人对自然关系与社会关系的功能反映，我认为，人类的一大类目的是从行为的预期中产生的，是从各种社会需要和可能中出现的，在某种程度上，它也许正是各个子系统交互作用的记忆模式或能动的反映。

总之，艾什比的方法之所以比维纳的反馈分析更为普遍，更为有效，关键在于他对反馈调节机制的本质作了更高更深刻的概括。维纳发现反馈调节必须有目标差，有信息传递，需要构成一个回路，从而根据机制的观点统一了调节行为。艾什比则把这些分析提高到更普遍的方法论高度，他把信息传递，效应器作用都看作是事物之间互相作用的方式。只要两种事物存在着耦合即交互作用，就必然包含着信息传递的回路，因而交互作用造就了内稳态和维系它的负反馈调节。其次，艾什比发现了调节功能的层次。只要子系统的耦合有着几个层次，那么不同层次之间反馈的关系就会形成比目的

性更高级更复杂的行为。比如“试错法”学习机制实际上包含了两个层次的反馈。趋于一个确定目的，只是低层次反馈；而根据反应模式是否能形成稳定的场来决定要不要改变反应模式，这是更高层次的反馈。两者的结合组成学习机制。在艾什比的工作中，我们已经稳隐感到了一种整体方法的轮廓。

自艾什比开创性的工作以后，关于有机体种种复杂行为机制的起源至少在原则上搞清楚了。只要系统各个部分之间的相互作用足够复杂（比如表达它们的微分方程是非线性的，而且子系统层次很多），不仅内稳态、目的性、学习机制可以由系统各部分的耦合产生，而且更复杂的行为也是可能的，我们甚至可以在原则上设计一个具有高级功能的大脑（虽然在技术细节上做不到）。五十年代后各式各样具有复杂功能的计算机的出现，可以看作对这种哲学思想的证明。

然而，科学永远渴望着那些未开垦的处女地。五十年代后，组织理论研究的重心开始转移。人们不仅要了解“可能的”机制，而且试图真正搞清楚支配真实有机体组织的行为机制。在分子遗传学，生态学迅速发展的背景下，耗散结构理论兴起。为了探讨生命和有序怎样从处于热力学平衡状态中均匀无

序中起源，要解决的问题必然涉及热力学和真实系统中的能量和物质流。这些探讨势必在数学表达上越来越复杂，但解决的问题却日益实际和具体。大体上说来，由于有关组织形成的重大方法论问题已由控制论、系统论所解决，耗散结构理论只需要直接引用就行了；剩下的是考虑生命和有序怎样和无机界中有关的自然定样互相衔接。普里高津发现，化学反应要形成耗散结构需要四个条件，第一是远离热力学平衡态；第二是系统和外界有物质或能量交换；第三是系统各部分存在反馈耦合；第四是非线性。我们可以看到。后面两点正是艾什比早就指出的。而第一、二点作为耗散结构的新发现，它所谈的恰恰就是组织系统和能量与热力学的关系。

研究重点的转移在研究组织系统所用的数学工具上也反映出来。圣埃克絮里佩里有一句名言："任何景物不通过一种文化、一种文明、一种职业来观察是毫无意义的。"数学也是这样。数学是人心灵对各种可能存在的关系和结构的探讨，"但数学和现实世界的关系，它究竟代表什么"却随着不同时代具有不同哲学观的研究兴趣的转移而变化。我们前面谈到，艾什比把偏分方程的平衡态和内稳态联系起来而获得研究组织系统的重大突破。过去物理学家研究微分方程时，对其平衡态或者说那些作

为特解的奇异点并不太感兴趣，因为他们认为微分方程的非零解才更实在地代表着系统的真实运动。而现在，科学家以一种新的目光来看待这些奇异点。奇异点附近的拓扑结构研究找到了自己的应用，人们从普通平衡点的稳定性研究开始，逐渐深入到组织的结构稳定性。因而七十年代起托姆把微分拓扑学的成果——突变理论用来研究组织系统也就不值得惊奇了。

著名的数学家和哲学家韦尔曾这样讲过："从上世纪末到本世纪初的转折关头起，物理学的发展就好象冲向一个方向的洪流，而数学则好象尼罗河三角洲，它的水流分散到所有方向。"这段话用来形容本世纪三十年代到五十年代初步形成的关于组织理论的哲学思想和它的物化成果——计算机，也是十分贴切的。今天，计算机科学象本世纪初的物理学那样形成了巨大的洪流。而有关组织理论的哲学思想却流向自然科学和社会科学各个方向，所到之处都孕育了令人眼花缭乱的精神成果。

1-5 生命：界于随机性和因果性之间？

我们鸟瞰了控制论，系统论主要哲学思想发展

的部分脉胳后，人们或许会觉得疑惑：迄今为止，它们大多是探讨了诸如目的性、学习、自适应等复杂系统行为的可能机制，组织系统整体与部分关系谈得不多，对生命、人身、大脑以至社会这些复杂的组织是怎样将部分形成统一整体的机制则谈得更少。例如，艾什比的《大脑设计》一书几乎没有涉及大脑的结构和组织，他只是详细地讨论了大脑种种复杂的功能如何由一些简单的系统在互相作用中产生出来。是的，今天控制论、系统论、耗散结构和协同学在研究具体的组织系统方面取得的成果和它们在社会上获得的声望是不相称的。那么为什么它们会产生如此深远的社会影响？为什么说它们已经产生并正在形成一种研究组织系统的整体的方法论？

任何一种哲学和方法论的意义取决于它在人类整个科学思想和科学精神中所占的地位。阿尔贝勃曾这样讲过："大脑有很多特性，象记忆、计算、学习、目的性和在元件失灵时仍能保持整体的可靠性等等……我们可以构造出一种数学模型来证明，仅仅有电化学机制就能有上述性质。……这就是一种了不起的进步"因为"我们在'从机器中赶走鬼魂'方面作了一点工作。"① "模拟大脑可能的机制"也

①M·A·阿尔贝勃：《大脑、机器和数学》商务印书馆1982年版，第3—4页。

许在具体科学上不算太重要，但在有机体中赶走鬼魂却意味着哲学和方法论的革命。

多少年来，有机体研究上总是笼罩着这样那样思辨哲学的阴影，科学精神和科学方法在这里不得不断然止步。众所周知，自然科学方法有两个最基本的支柱，一个是对自然现象进行因果解释，另一个是用概率和统计的方法来研究随机现象。科学家所用的具体方法可以随各门科学不同，而且是经常发展的。但因果分析和概率统计是一切科学方法的基础，它们是近代科学规范的核心。当一门科学不是用因果性和概率论而用别的什么（比如目的论）来构成自然的图象时，人们往往就认为它不是科学，或者是伪科学。

为什么它们如此重要？我们知道，近代科学的兴起的重要标志是用受控实验来揭示自然的奥秘，它要求一切科学理论成果都用受控实验来检别，而受控实验本质上可以归为寻找某一现象发生的充分必要条件。对于发现事物之间确定性的联系，它和寻找因果关系是同义语，而对不确定的随机事件，则是探讨其统计规律。社会科学也是一样，只要它是实证的，作为规律的基本元素必须是因果性陈述和概率统计关系的陈述。只有它们才是可以证伪或证实的。因果解释和概率解释是科学自然图象的框

架。正因为如此，自然科学中一大部分规律都可以表达为因果律。例如，$F=ma$，在常压下水100℃变为蒸气，酚酞在碱性溶液中变为红色，H_2气和O_2气点火燃烧化合成水。当代科学哲学家常常把自然科学理论或假说（它们是人对自然规律的认识）表示成：

如果C类条件实现，

则E类的事件就会发生。①

也就是说，自然规律是指一定的条件集合C和一定的现象（事件）集合E之间存在着确定的联系。当确定性联系不存在时，我们将其关系表述为类似的有关统计规律的陈述。我们把它称为广义的因果律。(注)但是将广义因果律解释运用到生命、组织系统时，发生了一个意想不到的困难，这就是生命运动的很多基本现象不能用广义因果律来解释。目的性和学习机制就是其中之一。

西蒙曾举过一个蚂蚁回巢的例子。现在我们换

①C·G·亨佩尔：《自然科学的哲学》上海科技出版社1986年3月版，第21页。

(注)：在某些时候，最普遍的自然规律常常用微分方程组表示，比如用波动方程表示一切波运动的规律，麦克斯韦方程组代表了电磁相互作用的普遍规律，连续性方程刻画了流体运动的连续性。这些方程组虽然抽象，但它们同样是反映了条件集C和事件集E之间最普遍的联系。只要我们代入初始条件和边界条件$C_1C_2\cdots C_n$，就可以通过解方程，推出特定的结果，这些结果就是事件集$E_1E_2\cdots E_m$，因而用微分方程表示的规律乃是普遍的因果性。

一个角度来讨论它。一只蚂蚁通过一个复杂的地形回巢，它在路上不时受到风或其它随机因素的干扰，比如偶尔掉下一根树枝或一片树叶拦住它的去路，它必须绕过去。我们可以设想一下蚂蚁爬行的曲线，它可能复杂得难以形容，用纯粹的因果律或纯粹的统计规律都不足以对蚂蚁回巢行为加以解释。第一，我们不可能将蚂蚁爬行轨迹看作确定的微分方程的解，因为树叶、风还是随机因素，它们会对蚂蚁爬行路线产生随机的不可预见的改变。第二，这条曲线也不是可以用统计规律解释的，只要蚂蚁没有被压死。蚂蚁一定会回到巢里，而不是以一定的概率回到巢里。然而只要生物学家知道这是一条描述蚂蚁回巢曲线，一切就得到了解释，也就是说一旦发现蚂蚁复杂行为中的最终目的，那么问题就迎刃而解了。

用广义因果律把握诸如目的性等生命系统规律的失败，给科学方法带来严重的威胁。在这个巨大的挑战面前，人们通常抱两种态度，一种意见是承认科学方法对自然规律的认识是有严重局限的，它只适用于无机界，在有机界必须用思辨哲学或用非科学方法。科学家在本能上拒绝这种意见，因为它必然带来科学自然观的分裂而有可能重新滑到近代科学产生以前类似于亚里士多德的目的论和非理性

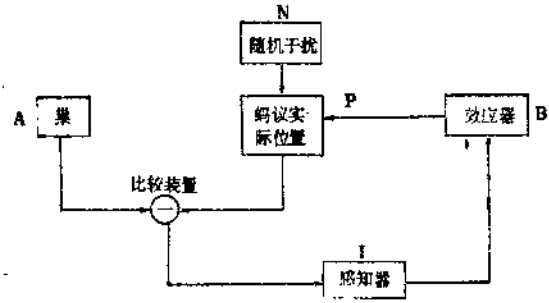


图1.3

的神秘主义中去。第二条出路是在科学方法中引进新的要素。正如贝特朗菲所建议的那样，考虑到有机体具有整体性，会发育、变异、生长；为了描述它们，我们必须运用管理、调节、控制、竞争这些传统自然科学（主要指物理化学）没有的新概念。并且不再用因果律解释来构成自然界的基本图象，比如承认有机体遵循异因同果律（equifinality），不同初始态达到的最终态往往一样，因而表现出适应性和目的性。①

对于后一种选择，科学是乐于接受的，科学从来不反对不断引进新的概念。但是如果不搞清楚引进的新概念和广义因果律的关系，那么新概念可能什么也没有解释，只是引进了新名词，它不能和整

①L·V·贝特朗菲：《一般系统论的意义》，《自然科学哲学问题》1981年第1期，第72页。

个科学方法融合起来。广义因果律与自然科学基本规范血肉相联，它意味着科学解释要求具有可证伪性。异因同果律是否满足这一要求呢？因为变换概念和名词很可能只意味着尝试的开始，而没有解决实质性问题。

鉴于上面所说的理由，我们就能体会控制论、信息论兴起后科学家由衷的喜悦。这些横断科学在研究自然界形形色色的组织系统方面虽然刚刚迈出第一步，但它确实为科学理解生命和组织指出了方向。科学找到了一条新的也是最合理的解决危机的道路。这就是把各式各样的因果关系与统计关系巧妙地结合起来，用以解释生命系统的复杂行为。蚂蚁回巢是依靠了一个如图1.3所示的负反馈调节机制。在图1.3中每一个部分都用因果性和概率性来解释。n对p的影响是随机过程，而由A和P共同影响I，再由I通过B作用于P是因果过程。只要把它们组织起来，就出现了目的性行为！这里每一种部分与部分之间的因果关系是满足可证伪性条件的，整个反馈联系方式也可以用经验来证伪或证实。

艾什比所讲的学习机制同样也是靠将因果过程与随机过程巧妙地组织起来而实现的。生物体R对环境E的作用和E对R的作用都是因果过程，由E和R的关系决定的生存条件是否处于适当值也是一个

因果过程。但当R作出的反应不适合生存条件时，C触发R改变反应模式，这是一个准随机过程，因为C只是要求R不再采用原有反应模式，而采用什么模式是随机的。然而一旦R采用的反应模式使生存条件处于合适的值，C马上使R不再变化。（图1.4）。

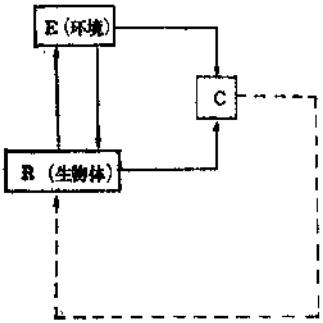


图1.4

这里正是将不同层次的随机过程与因果过程巧妙地结合起来，产生了高级的学习行为。它意味着，自然科学不必从科学以外比如从那些违反因果性与概率统计原则的神秘主义中去寻找对生命系统高级行为的解释，也没有必要引进那些不能证伪的含含糊糊的思辨性原则。批判的实证的科学理性依然是不可动摇的科学信仰。这些复杂行为之所以与广义因果律相悖，无非是我们不了解因果性和随机性结合方式而已！

邓末，这一切和整体的哲学又有什么关系？不要忘记，整体之所以是一个谜，大多是基于如下的事实：组成整体的砖块是分子和原子，它们是服从广义因果律的，但由它们形成组织时，总体上会出

现违反广义因果律的性质。整体方法的困难也正好在于，我们不知道组成整体的各部分的性质和整体统一具有的高级的复杂性质是什么关系。现在控制论系统论已经给出一种方法，它可用因果性和随机性来合成高级行为，这难道不正是暗示着，这些随机性和因果性的组合方式恰恰是部分形成整体的秘密吗？这种合成机制也许正好是人们寻找了数百年之久的整体哲学。

我认为，科学解释的因果图象和概率图象是正确的，我们分析任何复杂对象都不能离开它们。但是原有的科学方法论只是把它们简单堆砌起来。它是一个被捆住了手脚的巨人，虽然在无机界已显出惊人的威力，但简单地对其加以应用，那实际上只是抓住了自然现象的两极，单纯的因果律和单纯的统计规律，而对界于其中间一大部分（是自然现象的绝大部分）必须把它们加以组织，这就需要创立一种组织的哲学。

难道自然界本身不就是最好的证明吗？众所周知，生命正好出现在宇观世界与微观世界之间。它恰恰是将概率关系与因果关系合适配合的结果。中国古代曾经有过“一颗粟中藏世界”的哲学思想。很多人在童年时都幻想过，我们所生活的宇宙最不是一只超级怪兽身上的一个原子呢？或者我们今后

会不会在原子中发现一个生机盎然与我们周围相似的世界呢？科学虽早已证明这种思想的荒唐，但是为什么人和生命在大小上恰恰界于宇观和微观之间？在尺度为10^{-13}cm以下和10^{13}cm以上的物质层次为什么看不到复杂的生命组织？我认为，答案也许是简单的。复杂而具有目的和学习机能的组织系统必须将随机性与因果性结合起来。结合方式越复杂，出现的行为也越高级。而物质尺度过大——比如行星，它的运动规律几乎遵循着铁的必然性，在那里因果性太多而随机性太小。在量子力学的世界中，随机性占了主导地位。前者太井然有条，后者太没有秩序，因而尽管大自然是慷慨的，它都不能由此制造那种从无序中维持秩序的东西——生命。也就是说生命和复杂的有机体的组织必须依赖各种因果性与随机性巧妙地多层次地结合。只有在于宇观与微观之间才能做到这一点。

如果我们的分析是正确的，那么我们看到，一种理性之光正在照进那昏暗的由有机体构成的整体世界。我们已可以沿着大师的脚步进一步前进，把半个多世纪来贯穿于控制论、系统论等新兴学科中有关整体的思想汇集起来，走向一种新的结合。提出一种组织理论，一种整体的哲学。

第二章
什么是组织？

甚至社会组织也是一个功能耦合网，它的子系统是人的行为之间的关系！

——作　者

人们常说，科学研究第一步就是抽象。抽象是对共性的把握。然而问题在于怎样进行抽象，而不是要不要抽象。那些陈腐的经院哲学和习惯的偏见也统统来自于某种抽象。

——作者

2-1 黑箱和整体中的部分

整体哲学面临的第一个问题就是整体和部分的关系。整体是由部分组成的，那么作为整体才具有的复杂的高级性质是否也是由部分所具有的性质组成的呢？迄今为止还原论和整体论各执己见，争论不休。但从历史给我们提供的方法看来，我们已经可以在哲学上迈出尝试性的一步了。

第一，整体看来可以分为两类，一类是有组织的，另一类是没有组织的。对于没有组织的部分之集合，整体和部分的关系是简单的。比如一把砂子、理想气体等，由于其各部分之间没有关系，或

者说相互作用极弱可以忽略不计，所以整体的性质或者可以近似地看作部分之和，或者是部分的统计平均（如果这些部分作随机无规则运动）。当然，这里有某种近似，因为我们忽略了部分之间微弱的相互作用，比如砂粒之间的万有引力，理想气体分子间的互相作用力等等。在某种场合，如当部分之和的数目非常大时，它们之间微弱的相互作用就不能忽略了，在研究整体性质时必须加以考虑。但一般说来，对于没有组织的整体，它和部分的关系相对简单，它不是整体哲学的研究对象。整体哲学所讨论的整体都是有组织的。

第二，对于有组织整体的高级复杂的特性，需要我们从功能角度对它进行明确定义。原则上，它可以用比较低级的功能诸如广义因果律互相耦合来合成。请回忆一下反馈机制导致目的性和艾什比超稳定性的学习机制。合成高级功能的较低级功能肯定是整体某些部分所具有的。虽然我们一时尚不能知道整体中究竟哪几个部分存在着相应的低级功能，但一个符合逻辑的推论是：正是这些部分互相耦合产生了整体更为高极复杂的性质。

这样我们可以得到一个十分重要的结论，只要将有组织的整体用某种适当的方式分解成某些适当的部分，整体的性质正是这些部分所具有的性质通

过组织产生的，组织方式就是机制分析中功能耦合的方式。必须注意，关键的一步是我们必须对应着整体功能机制分析中每一个环节来寻找部分，把机制分析中每一个具体环节所需功能的部分定义为子系统。在这里，组织系统是用它的功能来定义的，而组成整体的子系统也是用功能来定义的。

把有组织的整体看作由一些互相联系的子系统组成，这是人们研究整体通常采用的方法。但是在很多场合，整体的性质往往如鬼魂一般，在部分之间突现。我认为，人们看不到整体的性质和各部分具有的性质之间的联系，这大多是因为我们没有找到一种正确地将整体分解成部分的方法造成的，也就是说子系统定义得不对！整体从来是混沌的，它是无限复杂的，它包含着无限多种分解成部分的方法。有机体可以看作由器官组成的整体，但也可以看作细胞组成的整体，甚至当作分子、原子和基本粒子组成的整体。社会组织可以分为由政治、经济、文化等子系统组成的整体，但也可以当作由成千上万人集合组成的整体，甚至可以当作地域组织的集合。哪一种分法是合理的？整体中哪些部分形成整体功能，即哪些部分是在整体之中真正起作用的子系统？通常人们不重视这个问题。但这正是造成困难的关键！

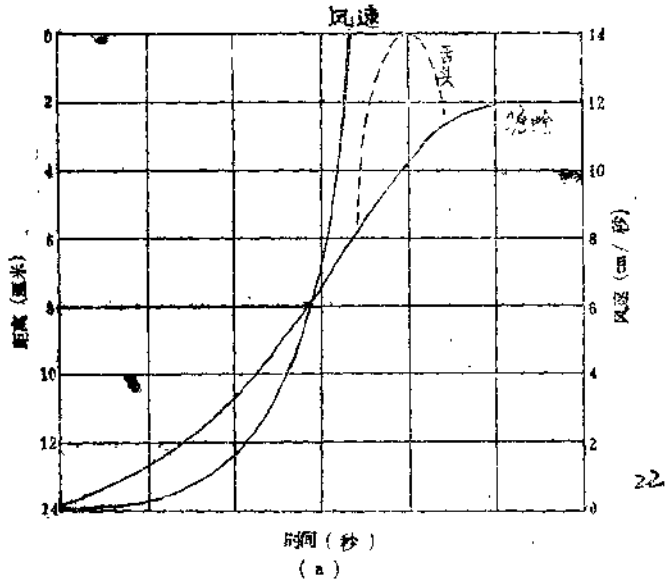
人们通常习惯于从物质的大小尺度，所在的层次、解剖上的特点和空间位置、性质分类等来区分和定义整体中的子系统。例如把人体看作细胞组织，把大脑看作是由一个个神经元组成的组织，把社会看作个人的集合。这种分法是否正确？它们并没有被严格证明过！在很多场合（对于系统的确定功能来说），这些被人们想当然的“子系统”实际上不是真正存在于整体之中的子系统，而是把整体支解后我们所能发现的那些已经被破坏的子系统。如果对“子系统”定义错误，那么整体的性质当然很难由这些子系统来组成！

我认为，科学的整体分析方法必须严格按如下程序进行：第一步是明确地、定义我们要研究的整体功能是什么。第二步是考虑这些功能可以由哪些广义因果律（或较低级的功能）通过耦合合成，即设想形成整体功能的可能机制。第三步是将机制中每一环节所需的功能和整体中各个部分所具有的性质进行对比。一般说来，当把整体分成部分时，随着分法不同，部分的性质是不同的。如果我们不能将机制分析中各环节的功能和整体有关部分的性质对应起来，那么我们必须重新考虑一种新的将整体分成部分的方法，或者修改原先设想的可能机制。经过反复对比，不断尝试，一直到我们在机制分析

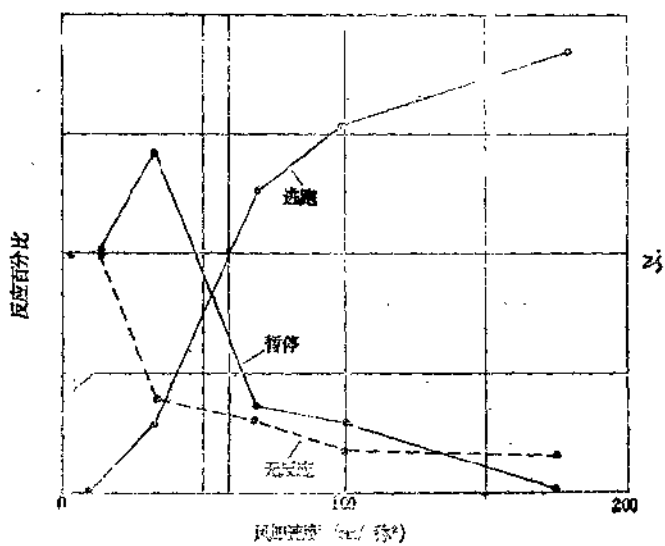
中每一环节的功能和整体中相应部分性质一致，我们才能认为，这些部分才是存在于整体之中的子系统，是真正起作用的部分。从这些部分互相耦合就可以说明整体的功能。

为了理解这种方法的重要性，我们来举一个例子。Jeffrey, M. Camhi等人前几年曾系统地研究了蟑螂的神经系统①，他们决定以蟑螂的逃避功能为研究对象。众所周知，蟑螂对外界反应极为灵敏。但这种整体功能是怎样产生的呢？蟑螂的身体组织结构极为复杂，确定子系统是问题的关键。通过机制分析，我们知道蟑螂的逃避系统是通过反馈系统来完成的，但反馈调节中接受信息子系统是什么？是视觉、嗅觉还是触觉系统？信息接受器和效应器（腿）之间的神经网络是怎样联接的？我们只有将机制分析中的各环节解剖结构反反复复的对比才能确定。仅仅从解剖上是无法判定哪些神经细胞是相应的子系统。科学家必须首先确定究竟那些外界信息引起蟑螂逃避行为。这就需要严格分析蟑螂逃避行为的结构，设想这种功能可以由哪些机制合成。他们将蟑螂对风的反应和遭到蟾蜍捕食时的逃避行为作了对比（见图2.1a），发现两者十分相

①Jeffrey M·Camhi：《蟑螂的逃避系统》，《科学》，1981年，第4期，第62页。



（a）



（b）

图 2.1

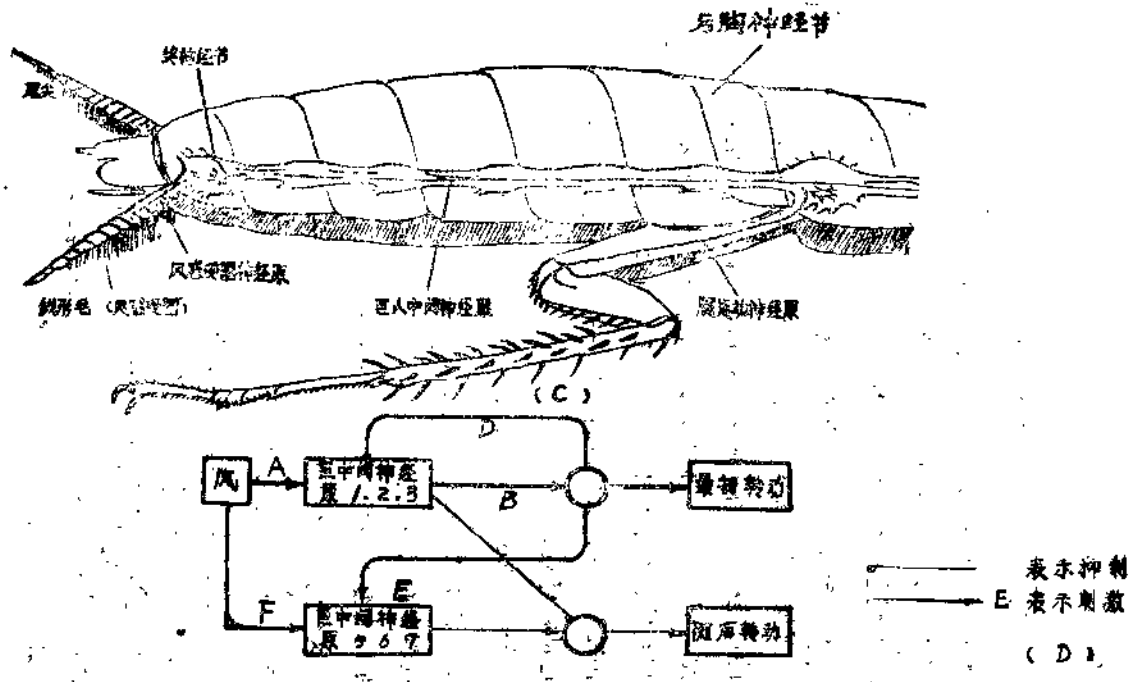


图 3.1

似。再通过改变风的加速度对蟑螂行为的试验确定蟑螂是接受到空气流动的信息才作逃避反应的。（图2.1b）这时他们才开始重视蟑螂尾突中的线形毛，发现这些经常被人们忽略的线形毛原来是一个重要的子系统，它们是逃避系统中的风感受器。接着，又做了改变风方向的试验，考虑了蟑螂逃避行为的可能机制，将机制各部分和蟑螂神经结构作了对比（图2.1c）。通过反复比较才搞清楚反馈系统中信息传递的路线为：风感受器→风感受神经→终神经节→巨大中间神经原→后胸神经节→腿运动神经原。

最终，Roy, E. Ritzmann等把蟑螂逃避系统的结构表示成图2.1D。它是由低级功能的子系统通过耦合而成的复杂系统，具备迅速逃避的功能，它是蟑螂复杂神经组织的一个部分。

这个例子十分典型。首先它表明子系统只能从功能分析中得到，它们一开始也是从功能角度定义的，甚至不一定和我们原来已知的某种部分或结构对应，它可以是一个黑箱。子系统本身也可以是一个复杂的组织，随着我们研究的深入，我们可以将这个子系统的功能进一步分解为具有更低级功能的部分组成。这样我们整体分析是有层次的，每个整体都类似中国套箱，大黑箱由小黑箱构成。研究整

体和打开黑箱很相象，当我们把整体功能分解到某一层次，在这个层次中所有子系统所遵循的规律完全是我们已知的广义因果律时，我们才可以说黑箱被打开了。

利用功能来定义子系统是研究整体方法的一次革命性变革，它的发现导致了行为主义思潮的兴起。今天，人们常常谴责行为主义，批评他们只看到生物和人的行为结构而忽略这些行为的生理和心理基础。批评行为主义者仅仅从行为关系着手分析心理活动是太简单化了。但是我们必须透过这些批评看到行为主义的背景和历史意义。当一种方法论的革命用哲学语言表达时，它很可能会夸大其词。但是矫枉过正难以避免，有时是必须的。大约只有充分强调行为结构和行为之间的关系，才能使人们摆脱研究中对子系统定义先入为主的偏见，真正看到那些暂时还作为黑箱存在的部分——那些在整体中真正存在的子系统。历史表明，要从行为主义中走出来是不困难的。一个受过行为主义方法影响的科学家，很容易找到复杂组织的那些起作用的子系统。而且只要人们一旦正确定义了子系统，那么整体组织就不难把握了，它们必然是由子系统功能耦合而成的。

2-2 组织：功能耦合系统

现在我们可以对有组织整体作一种科学的抽象，提出组织系统的普遍表达式。

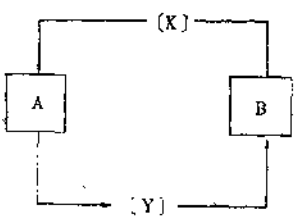
对某一个有组织整体，它的整体性质为W，如果它能由一些较低级的功能 W_A、W_B、W_C、W_D…W_m…耦合而成，而在整体中存在着部分A、B、C、D、M…它们具有功能 W_A、W_B、W_C、W_D…W_M…。那么整体W可以看作子系统A、B、C、D、…M…通过功能耦合而成的组织系统。因为每个子系统都是符合广义因果律的。那么必定可以给子系统规定有输入和输出。输入是这个子系统存在的条件，输出为子系统的功能。令子系统M的条件集合为 $X_M=\{x_1, x_2, \cdots x_i\}$，功能集合为 $Y_M=\{y_1, y_2, \cdots y_j\}$。由于功能是由条件决定的，即有：

$$Y_M = M\,[X_M]$$

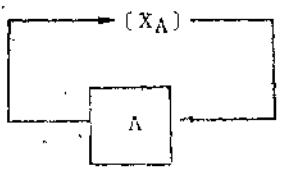
M表示从 X_M 到 Y_M 的映射，即 X_M 和 Y_M 的关系，它就是子系统M的结构。$Y_M = M\,[X_M]$ 表示当条件集 X_M 存在时，系统结构确定时，某种功能 Y_M 是确定的。它是广义因果律的表现。我们可以把子系统表示为如下框图：

$$\{Y_M\} \leftarrow [M] \leftarrow \{X_M\}$$

由所有子系统组成整体就是将A、B、C、D…M…等子系统耦合起来，使得某些子系统的输出刚好是另一些子系统或它自己的输入。有组织整体就是子系统的功能耦合网。例如由A、B两个子系统组成的一种最简单的功能耦合系统如图（2.2a）所示。由一个子系统通过自耦合形成的功能耦合系统如图（2.2b）所示。对于任何一个复杂的功能耦合网，我们都可以画出耦合图。它是由子系统集合{A、B、C、D…M…}和条件集{X_A、X_B、X_C、X_D…X_M…}和功能集{Y_A，Y_B，Y_C，Y_D…Y_M}之间的映射表示。我们可以用图论来研究它们的一般结构。



（a）



（b）

图2.2

我认为，任何有组织的整体都可以用功能耦合系统来研究。实际上，在近几十年兴起的种种边缘学科中，科学家们早就在运用这种方

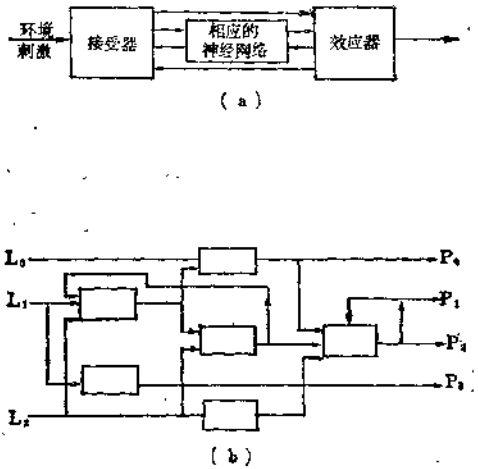


图2.3 简单的抽象神经网络

法了，只是没有从哲学上对它加以总结而已。

比如阿尔贝勃曾把人的神经系统简化为下图2.3(a)，其中每一个部分都可以用类似于图2.3(b)所示麦克卡洛克——匹茨模型来表示。复杂的功能耦合网正好表示某一类神经系统是怎样组织起来的。感知机理论，柯伐一维诺格拉德的可靠自动机理论都是某种功能耦合系统。其中子系统的功能是已知的，我们可以根据不同的功能耦合网确定组织整体的功能。①目前这一类研究正在神经控制

①〔美〕M·A·阿尔贝勃：《大脑，机器和教学》商务印书馆1982年版。

论和自动机理论的领域深入展开，它们是界于数学和神经生理学的边缘学科。

当我们考虑的功能耦合系统是由DNA、RNA、酶的各种功能和各种生化反应所耦合时，整个复杂的功能耦合网络就是生命系统运行的机制。它是生物化学家和遗传学家研究的对象。例如普里高津曾指出，“即使在最简单的细胞中，新陈代谢功能也包括几千个耦合的化学反应，并需要一个精巧的机制来加以控制。……如果我们看一下细胞所进行的复杂而有顺序的操作，我们就会发现其操作方式组织得简直像现代的装配线一样”。①

他引用了一张示意图（Welch，1977），并指出“总的化学反应被分为一些连续的基元步骤，每步由一种特定的酶来催化。在（图2.4）中，初始化合物用S_1表示，在每层膜当中有一种‘被囚禁’的酶，对物质进行一定操作，然后把它送到下一阶段②”显然，这里讲的类似操作装配线细胞功能恰恰是功能耦合系统。图2.4实际上只是生命系统那极其错综复杂的功能网的一个片断。

当功能耦合网的各个子系统代表生物种群，它们的输出表示某一种生物对别的种群的影响，输入

①②〔比〕伊·普里高津：《从存在到演化——自然科学中的时间及复杂性》，上海科技出版社1986年版，第79页。

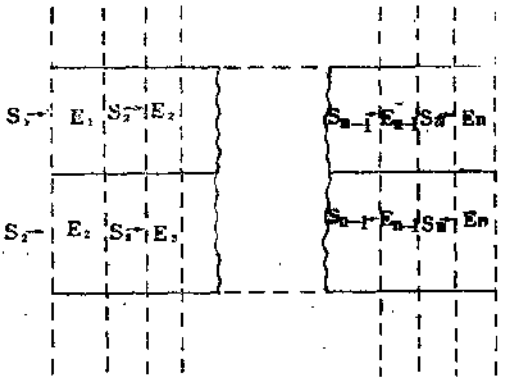


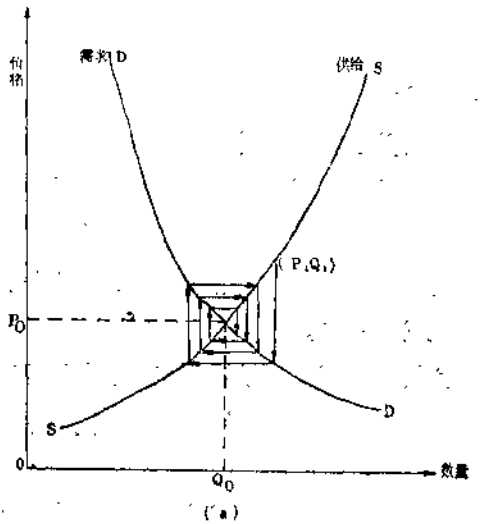
图2.4 多重酶反应的镶嵌模型，s通过这个系统变为p

代表它生存的条件时，这个功能耦合网就是生态组织。生态学家分析这些功能耦合网就可以抽象出生态模型，揭示生态系统的规律。甚至任何一架仪器都可以表示成功能耦合系统，因为仪器是人造组织，功能耦合网代表着仪器原理。例如计算机程序图在某种程度上就是简化了的功能耦合系统的框图，研究它正是计算机科学家的任务。

社会组织是不是功能耦合系统呢？表面上看，用符合广义因果律的子系统耦合来概括社会组织是难以说得通的。因为社会是人的集合，人大约不能归为符合广义因果律的子系统。我们都知道，作为个体的人原则上是有自由意志的。然而这正好是说，如果社会确是功能耦合系统的话，那么就必须

在个体之外去寻找正确划分的子系统。我认为社会组织也是一个功能耦合网，但作为符合广义因果律的子系统的不是不加定义的具有无限自由的个人，而是人的行为之间的关系。虽然在很多研究中把人和由人组成的团体看成社会组织的子系统，但人和社团常常只是社会关系的载体，组织中的子系统都必须实行功能耦合，它要求满足广义因果律。下面我们来说明这一点。

社会组织中研究得最为透彻的是市场经济组织，迄今为止，经济学是社会科学各门类中科学化定量化程度最高的学科。经济学对经济组织的剖析可以证明，所谓经济组织正是人各种经济行为之间互相联系的大网！可以随便举一个例子。在经典性经济学教科书中，人们经常看到如图2.5（a）所示的均衡曲线。曲线d—d称为需求曲线，它代表当某一种商品在不同价格时社会的需求量。S—S称为供给曲线，它代表同样一种产品在不同价格时，生产者愿意生产这种产品的数量，即商品供给量。微观经济学中有一条定理，当其它条件不变时，任何一种商品的市场价格和生产数量由s—s曲线与d—d曲线的交点（P_0Q_0）确定。当市场价格为$P_1 \neq P_0$，生产量为$Q_1 \neq Q_0$时，价格会按如图2.5a所示的收敛蜘蛛网的运动轨迹自动趋于P_0和Q_0，并在一定



（a）

图2.5（a）

程度上保持P_0、Q_0的稳定。

众所周知，上面所说的就是价值规律的一部分，它是市场经济组织系统的重要功能。为什么市场组织具有这种功能？如果从方法论上分析，微观经济学是把它看作一个功能耦合系统来研究的。因为这个功能耦合系统太简单，经济分析中常常将其忽略不谈。现在为了说明经济组织就是形形色色的功能耦合系统，我们来详细分析一下在市场组织后面相应的功能耦合网。

首先，功能耦合系统中每个子系统要符合广义

因果律。在微观经济中，如下两种广义因果关系是众所周知的。第一种是某种商品价格和需求量之间的因果关系。在其它条件不变时，价格越高，社会需求越小，因为人们可以改买其他代用品。每一个人经过自省就可以发现这种因果性。因而我们可以得到第一个子系统d，它的输入是价格P，输出是购买量Q_1，在其它条件不变时，当P增加时，人们购买量Q_1减少。曲线d—d正表明输入P和输出Q_1的关系。影响这个子系统结构的是各种社会心理因素。第二个子系统是S，它代表微观经济中另一种众所周知的广义因果关系。即当其它条件不变时，某一种商品价格越高，生产者越愿意生产。影响S结构是追求利润动机。S的输入也是P，P越大，S的输出Q（实际生产量）越大。它就是供给曲线S—S。当然仅仅有这两个子系统是不能形成市场经济的。市场经济组织中还有一个关键性的子系统即市场机制M。它也可以用广义因果律来表示。其输入是Q_1和Q，输出是P。M的输出也是由Q_1和Q决定的。显然，市场机制也可以归为某种广义因果性。

当供给大于需求时，市场上的卖方会倾向于降低价格P，当供给小于需求时，卖方会升高价格P，当$Q_1 = Q$时，M不使价格变动。虽然输入Q_1，Q怎样

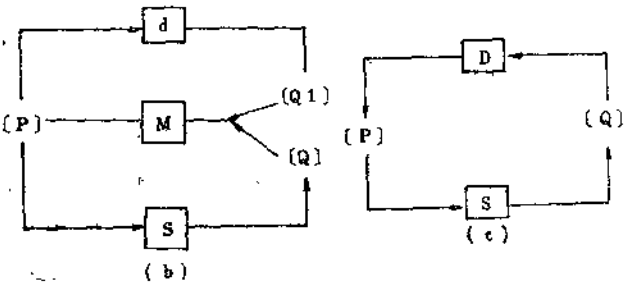


图2.5(bc)

影响P不能用简单的函数关系写出，但确实这是一种广义的因果性。换言之在其它条件不变时，M的功能可以简化为当需求量Q_d和供给量Q_s不等时，M根据$Q_d<Q_s$或$Q_d>Q_s$或$Q_d=Q_s$的信息分别作出降低或提高价格或保持价格不变的反应。显然，这三个子系统的输入与输出互相耦合形成一个典型的功能耦合系统，它就是市场组织的某一个方面（图2.5b）。价值规律正是这个功能耦合网的功能。我们只要作某些简化，即得到面2.4a所示的均衡。

在一般情况下（比较健全的市场经济），某一种商品在市场上的极度稀缺和大量积压是不可能的，商品的生产者总是要把生产出来的商品卖掉。因此，M总是把价格P调整到由价格控制的需求量等于当时的供给量，即使$Q_d=Q_s$。也就是说，在商品不能积压的条件下，在任何一个市场中，市场

机制都会迅速把一种商品某一时刻的价格调整到刚好等于某一时刻市场需求该商品供给量的程度，这样，一旦Q_s确定，Q_d也就确定，P也随之确定。这样，M和d耦合就简化为一个新的子系统D来处理，D的输入是{Q}，而输出是{P}，Q和P的函数关系和需求曲线相同，这样，我们得到了一个由P和S这两个子系统功能耦合而成的更为简单的组织图2.5(C)。

这样一来，我们马上明白了图2.5(a)的真实含义，均衡价格用d—d曲线与S—S曲线相交来求出不仅仅只有数学意义，而是代表两个子系统的功能耦合。因而P_1Q按蜘蛛网轨迹运动的原因也清楚了。它们也是功能耦合系统中输入与输出的变化过程。例如假定一开始$Q=Q_1$，那么价格将由Q_1输入D后得到的结果决定，$P_1=D(Q_1)$，然而当P_1确定，下一时刻的Q也将重新确定，因为生产者将重新根据价格来确定新的生产量，即下一时刻的Q_2将由P_1输入S后得到的结果决定，即$Q_2=S(P_1)$，这样功能耦合使得P和Q的值不断变动。显然，由Q_1决定P_1，再由P_1决定Q_2……这个过程可以从标有供给曲线和需求曲线的$P\times Q$相平面中表示出来。它就是根据Q_1找到dd线相应的P_1，再将P_1代入SS线找到相应的Q_2，如此等等，整个P和Q变化轨迹

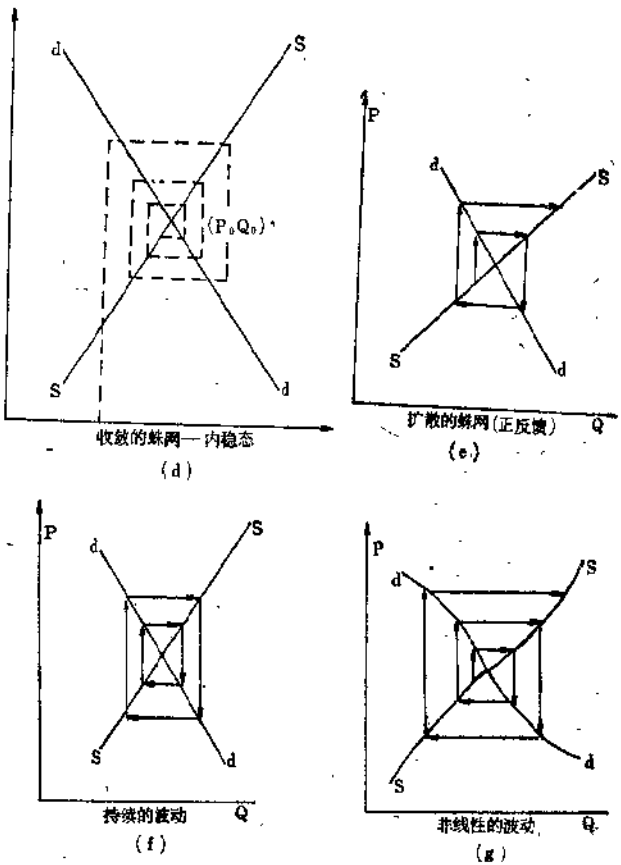


图2.5 （d、e、f、g）

构成如图所示的蛛网。图2.5（d、e、g、f）表示在不同的供给需求曲线条件下蛛网的四种形态，第一种是蛛网收敛到供给曲线和需求曲线的交点

（Q_0，P_0）。显然，它就相当于图2.5a中 Q 和P处于稳态。这时我们看到物价稳定，某一种商品的供给量和社会需求相平衡的。而其余几种情况则相当于价格不稳定，供求关系处于振荡之中。①

翻开经济学教科书，我们可以发现，这种方法几乎渗透到经济体系中一切分析之中，从宏观经济中就业量，国民收入决定，资本利率一直到各种微观经济中的均衡，甚至是外贸，功能耦合系统无处不在。甚至经济增长也是用某种功能耦合系统来分析的。例如汉森—萨缪尔森用如下差分方程表示经济增长过程：

$$Yt = Ct + It + Gt$$
$$Ct = a_{Yt-1}$$
$$It = b(Ct - C_{t-1})$$

Yt—国民收入
Ct—国民消费
It—民间投资
Gt—政府支出

它是一个简单的有时间延迟的功能耦合系统。三个方程分别代表广义因果律。这一切证明，经济组织每一种整体性功能几乎都可以用功能耦合系统来刻画，而具有许许多多功能的整个市场经济组织就是这许许多多互相作用，互相关联的功能耦合网的总

①（美）萨缪尔森：《经济学》中册，商务印书馆1981年版，第39页。

和。各式各样的经济理论和模型实际上都是对这一巨大经济关系的功能耦合网的简化处理得到的结果。既然经济组织是功能耦合系统，而且符合广义因果律的子系统并不是人的集合，而是个人或集体（或社会）行为之间的关系。因而，我认为，如果我们对一般社会组织进行科学的研究，它同样应看作一个巨大而复杂的功能耦合系统，子系统是人各种社会化行为之间的关系。

总之，我认为，无论是机器系统、有机体、生命、生态系统还是社会，它们都是形形色色的功能耦合系统。组织系统越复杂越高级，功能耦合网层次就越多、越庞大复杂。只要研究功能耦合系统的共性，就能探讨整体方法的本质，发展整体的哲学。这是一条富有魅力的思路。只要我们作简单讨论，就能对迄今为止的整体哲学中那些富有吸引力的成果作出更进一步的理解，甚至推出结构主义几条著名的基本原理。

2-3 结构主义三要素

瑞士著名的心理学家皮亚杰曾说过："人文科学中最普遍的先锋运动倾向之一就是结构主义，它

正在取代原子论的观点和整体论的解释。”近半个世纪来，结构主义哲学是在社会科学研究中取得了引人注目的成就，在文学、美学、心理学、人类学等领域中，它已经发展为一套研究整体行为的有效的方法论。为了阐明结构主义方法的本质，1976年皮亚杰写了著名的《结构主义》一书。这本书到1979年已再版7次，产生了巨大的社会影响，成为目前结构主义科学学派的代表著作。他在书中高度客观地总结了近几十年来在数学、物理、心理学、语言学和社会研究中取得重大成果的结构主义方法，并从中抽出三条基本的原则。

1．结构的整体性。任何结构中各个部分不是孤立存在的，而是作为和其它部分的关系存在的。整体的性质不是从整体以外去寻找，而是由互相依存的各个部分的关系来说明。皮亚杰举出数学中的群、环、体，逻辑结构，有机体结构，心理学中的“格式塔”理论，语言结构，人类思维结构等例子来说明这一点。“例如数学中的整数就并不是孤立地存在的，人们并不是在随便什么样的程序里发现了它们，然后才把它们汇合成一个整体的。整数只是按照数的系列本身才表现出来的。”① 皮亚杰指

①〔瑞士〕皮亚杰：《结构主义》商务印书馆1984年版，第4页。

出："一个结构是由若干个成分所组成的，但是这些成分是服从于能说明体系之成为体系特点的一些规律的。这些所谓组成规律，并不能还原为一些简单相加的联合关系，这些规律把不同于各种成分所有的种种性质的整体性质赋予作为全体的全体"，①为了进一步阐述部分之间的关系，皮亚杰引出结构的第二个基本要素——转换规则。

2．结构的各个部分必须满足转换规则。根据这个规则，可以把结构中某一部分转换成相应的另一部分（或与别的部分联系起来）。正是转换规则把部分联成整体，产生整体的性质。比如数学中的群，其中任何两元素根据结合律可以得到第三个元素，它必定也是整体的某个部分。结合律就是转换规则。亲属关系也是一种转换规则，它规定家庭成员在这种关系中的互相位置。因此，皮亚杰说："一切已知的结构，……都是一些转换体系"。②这些转换构成了用部分来说明整体的过程。因而结构主义研究中最重要的一个方面就是发现了整体中各部分之间的转换规则。发现转换规则就是结构分析。

①〔瑞士〕皮亚杰：《结构主义》商务印书馆1984年版，第3页。

②〔瑞士〕皮亚杰：《结构主义》商务印书馆1984年版，第7页。

3．结构第三个基本特征就是任何结构都具有“自身的调整性”。结构中各个部分存在着互相调节的能力。皮亚杰举出群对运算的封闭性，生物体的内稳态和反馈调节机制。并认为“自身调整性”对结构是极为重要的，它保证了结构作为整体的存在。

皮亚杰对结构主义哲学原理的概括深刻而准确。正是这三条原理筑成结构主义的大厦。但是皮亚杰的原则基本上是从各门学科的具体研究中归纳出来的。人们自然可以进一步追问，为什么结构主义方法的这三条原则是有效的呢？它们成立的根据是什么？或者说，结构主义作为一种方法，有没有更统一的背景呢？我认为，这三条原理实际上是对组织系统的某种概括，它们完全可以从一般的功能耦合系统中推出来。下面我们来做简单的证明。

结构主义第一条原则讲的恰恰是怎样寻找整体中的子系统。只要作简单对比，就可以发现存在于结构中的部分正是功能耦合系统中的子系统的输入与输出集。而转换规则正是由广义因果律（输入集和输出集的关系）组成的功能耦合网。我们前面已经证明，功能耦合网的整体功能可以由子系统功能耦合产生，而不需要从外部去寻找。这样，也就证明结构主义第一条原则，结构的整体性质来源于结

构。

对于一个功能耦合系统，只要它是闭合的，即任何一个子系统的输入都是某一个子系统或者它自己的输出，那么我们从任何一个集合出发，通过功能耦合网和广义因果律，都可以将其变换到任何一个集合。这正好构成皮亚杰的结构主义第二个原则。结构中任何部分通过转换规律都可以对应于另外一个部分。结构主义认为，部分间的转换规律形成整体的性质，而这正好是功能耦合网的特点。

结构主义第三个原则的证明稍微复杂一点。但我们可以回忆一下2.2节对市场结构的讨论。图2.5b是一个很简单的功能耦合系统，只要对它的行为作数学分析，就可发现，保持输入输出集的稳态是这种耦合系统自动产生的功能。当干扰使P、Q值偏离稳态时，功能耦合网会产生一种调节作用，使其回到平衡态。关于功能耦合系统自身调整性的讨论，我们将在下一章进行。但有一点可以肯定，结构的自动调整能力正是功能耦合系统的一个特点，因而在原则上，结构主义第三条原则也可以得到证明。也就是说，结构主义之所以正确，恰恰是因为它概括了组织系统的一些共性！我们可以进一步证明，凡是皮亚杰用上述三条原则来说明的种种结构

都可以用某种相应的功能耦合系统来表示，它们都是组织系统。

一种最为常见的结构是“关系”。包括人的社会关系，亲属关系，概念之间的关系，以及语言学中的句法、符号之间的关系等。众所周知，列维一斯特劳斯在《亲属系统的基本结构》和《结构人类学》中对关系结构作了著名的探讨。在一切关系研究中，结构主义二原则得到充分体现。结构中的任何一个部分离开对于其它部分的关系就没有意义。如果把概念、句法部分当作符号，符号的意义是从关系中产生的。但什么是关系？什么是由一定关系网构成的组织？我认为，它正是一种最为简单的功能耦合系统。

众所周知，在现代数学中，各种各样的关系已经可以用统一的理论来处理。数学家早已证明，任何一种关系都可以统一表示为一个集合自身到自身的映射。我们设部分为X_1，X_2，X_3…Xn…。令所有部分的集合为{X}。那么部分之间的任何一种关系都可以表示为$\{X\}\xrightarrow{f}\{X\}$。不同的映射方式f代表着不同的关系。根据前一节的讨论，它相当于如下一个自耦合系统。其中F表示广义因果律，在这里，颇为特殊的是输入集合和输出集合是同一个集合。它相当于说结果同时也可以是原因

（图2.6）。

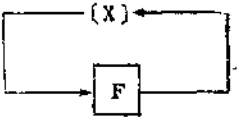


图2.6 关系的结构

用自耦合系统表示关系不仅仅是把关系研究数学化、形式化了，而且可以说在某种程度上，它揭示了关系的本质。以往，关系的概念总带有浓厚的思辨色彩。哲学家早就感到关系和一般的因果联系，事物存在的条件等有所不同。关系使事物具有互相依赖互相定义的特点。父亲是针对儿女而言的，而儿女也是相对着父母的，在某种关系中形成的概念，脱离了由这种关系联系着的整体，每个部分本身也就毫无意义。我们的证明表明，关系实际上是事物或概念之间的互为因果和互为条件性的自耦合系统。任何一个概念、规定的成立必须依赖于某些条件。当这些条件的成立反过来又可以由它所规定的（派生的）概念为条件时，就构成图2.6所示的广义因果律（条件性）自耦合系统。这种条件性和因果性就会形成关系。因为自耦合系统是一个组织，这样，由关系定义的全体也通过这种关系形成一个有组织的互相说明的整体。

在图2.6所示的自耦合系统中，映射f就代表结构，当集合{X}用别的集合{y}代替时，只要集合元素间对应关系不变，即f不变，那么这两种

结构是相同的，这在数学上称为同构。同构的组织具有相同的关系网。因而利用同构可以将形形色色的结构用统一的方式表示。同构的系统具有某种共性。在同构系统中哪些取决于结构的性质常常与集合元素是什么无关。因而它们常常用符号表示。因此我们也就不难理解，为什么原始思维的互渗律，乔姆斯基“标准理论”中的包法规则系统，心理学中的“格式塔”理论等这些对象完全不同的结构，有时可以用统一的方法来研究甚至可以用符号化形式化的关系网来剖析，这也是符号主义在本世纪兴起的原因之一。

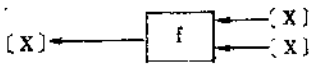


图2.7 半群结构

皮亚杰在阐述结构主义哲学时，另一个基本模式就是数学中群的概念。群是结构的典范，实质上也是某种功能耦合系统。那么“群”和广义因果性（条件性）有什么关系呢？众所周知，“群”一开始是从“变换”抽象出来的。使任何一个事物某种性质不变的一切变换必定构成一个群。对于使某一事物不变的任何两个变换X_1和X_2，如果先实行变换X_1，再实行变换X_2，那么这也是一个变换，令其为X_3。显然$X_3 = X_2 \cdot X_1$，也就是说变换可以合成，对于任何两个变换进行结合可以得到第三个变换。

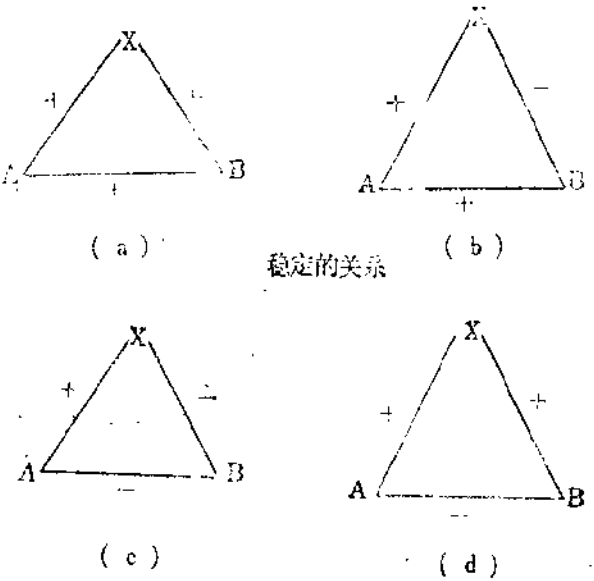


图2.8

就两个变换合成第三个变换来说，这也可以看作是某种广义因果性，它表明X_2和X_1唯一决定了X_3。因为X_3也是使事物某种性质不变的变换，所以它也应属于一开始定义的变换集。这里我们同样可以发现，这是一种结果与原因的重合，即输入集与输出集的相同；它也是某种功能耦合系统。

数学家已经证明，当一个集合{X}，其中的元素之间存在如下一个映射：$\{X\}\times\{X\}\xrightarrow{f}$

{X}，那么这个集合就是半群。f代表结合法，通常称为binary operation。众所周知，只要对半群中映射作适当限制，我们马上得到群的定义。因而群也是类似于图2.7所示的功能耦合系统。f是符合广义因果性的binary operation。因为输出集合和输入集合是同一个集合，所以这里也存在着自耦合，只要用{X_s}集构成{X}×{X}即可。总之，结构主义探讨的各式各样的结构，实际上都是不同层次，不同类型，用不同方式进行功能耦合的组织系统。它们都可以分解为最基本的广义因果律（映射）。在哲学上，它们都可以用广义因果性（或条件性）通过复杂的组织产生。

既然只要研究功能耦合系统最一般的性质，就能推出结构主义方法的基本原则，那么功能耦合系统是不是完全与结构主义等价？如果这只是用不同的过程来表述同一种整体哲学，那显然有点多此一举。我认为，用功能耦合系统来建立整体哲学比结构主义要深刻。它有助于解决目前使结构主义望而生畏的困难。皮亚杰在阐述结构主义三要素时，在谈到整体性和转换规则时很有说服力，但是一涉及结构第三个要素即结构的自身调整性时，他立刻碰到了某种困难。

第一，结构为什么具有自身调整性的能力？是

不是转换规则带来了结构的自身调整能力？如果是，转换规则产生自动调节能力的机制是什么？如果将转换规则的自封闭性看作自我调整能力，那么结构的自我调整必须是稳定的，自给的，否则它会造成令人不安的逻辑悖论。因而皮亚杰一开始就认为“自身调整性质带来了结构的守恒性和某种封闭性”①。但我们知道，并非一切结构、关系都是稳定的。2.2节就有一个例子，如图2.4（b）这样一种功能耦合系统，在某些条件下就不具备使P和Q调整到平衡态的能力（见图2.4e、f、g）。一般说来，我们只要对功能耦合系统进行具体分析，就能证明什么时刻结构只有自我调节能力，什么时候不具备，而结构主义要做到这一点却十分困难。

第二，对于一个组织系统，不仅输入与输出可以不稳定，其整个功能耦合网本身也可以是不稳定的。结构主义对这种情况的处理更束手无策。例如传播学家曾深入地剖析了大众传播中人们接受某一事物的结构。提出了A—B—X模式（图2.8）。两个人A和B对某一个传播对象X可以构成四种不同的关系。一种结构是A和B彼此关系很好，对X都有析感（图2.8a），另一种结构是A和B关系不

①〔瑞士〕皮亚杰：《结构主义》商务印书馆1984年版，第8页。

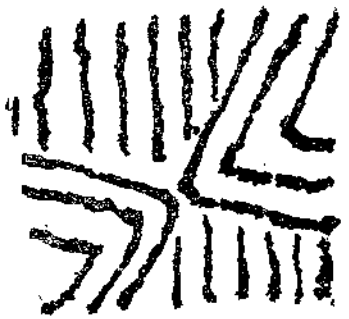
好，A喜欢X，B不喜欢X（图2.8b）。这两种结构是传播中稳定的。另外两种结构如（图2.8c，d）表示A、B关系好但对X意见不一，或他们相互关系不好，但对X意见相同。这两种结构中关系不均衡，结构很可能不稳定，A和B或者会争吵起来，或者会感到不愉快。纽科认为大众传播中存在着“趋向于认知平衡”或“内在一致”的倾向，即（c）、（d）两种结构会向稳定结构转化①。这种转化是不是结构的自我调整能力呢？它几乎很难从转换规则来说明，因为规定那些不稳定结构各部分之间关系的也是一种转换规则。结构的变化意味着转换规则的变化。我们知道，不稳定结构在组织系统比比皆是。因而，整体哲学面临一个十分重要的任务，是必须提出一种方法，以能说明一个组织系统，一个固定的结构在什么条件下是稳定的，当它受到干扰时具有自我调整能力以保持整体存在，而什么样的结构是不稳定的？它一经扰动就转化为别的结构？结构主义哲学没有解决这个问题；它在结构的起源和演化方面遇到了困境。

虽然皮亚杰千方百计地企图将结构的发生和转化引入结构主义哲学，认为只要引进结构层次，时间

①〔美〕威尔伯施拉姆·威廉·波特：《传播学概论》新华出版社1984年版，第236页。

性和强调转换体系的调节作用特别是趋向平衡的过程，那么就可以“从有时间性的形成作用过渡到非时间性的相互联系”①。但是皮亚杰前进的道路困难重重，因为结构主义由于其方法的特点必定造成它先天上和历史主义对立！结构主义中讨论的整体往往都是自我维持的具有“共时性结构”的系统。结构主义的逻辑构架可能很难承受加砖添瓦的修改所引起的过载重荷。我认为，在结构主义碰到困难的地方，采用功能耦合系统的哲学研究都可以大踏步前进。只要通过不太复杂的分析，我们就能证明组织系统稳定性的条件，找到一种研究组织系统的发生、自我调整以及演化乃至解体的方法。

①〔瑞士〕皮亚杰，《结构主义》，商务印书馆1984年版，第79页。



第三章
稳定性、存在和价值

人类惊奇地发现那包围着我们生存的无边无际的可能性海洋。原来我们生活在一个千变万化但却需要依靠自己洞察力的世界。我们必须在认识存在合理的同时更加珍惜创造，把理性的目光投向那远方可能稳定的存在之岛。

——作　者

达尔文说过："适者生存"，而组织理论可以证明一条与此有关的普遍的哲学原理，它就是"稳定者生存"。因此存在不再是哲学的出发点，而是一种需要探讨的现象。人类自身和他生活的世界只是数不清的可能性组合海洋中较为稳定而坚实的岛屿。

——作 者

3-1 组织系统的稳定性

也许本章必须以这样一个严肃的哲学前提开始：任何一种存在都处于内外不确定性干扰的包围之中，我们称其为现实世界的不确定性背景。①实际上，这一前提在讨论功能耦合时就已出现了。

几年以前，一位叫Lorne·A·Whitehead的美国人设计了一个别出心裁的游戏。他安排了一串多米诺骨牌，其中每一块是它前一块的1.5倍。只要第一块多米诺骨牌倒翻，它马上撞击比它大的骨牌

①参见次农：《智慧的躯体》，商务印书馆1980年版。

使其相继倒塌。他证明，只要按这种程序排列32块多米诺骨牌，最后一块将如纽约世界贸易中心中的一座摩天大楼那么大①。观看这个由第一块小小多米诺骨牌的倒塌引起象摩天大楼一般巨大物体的破坏是令人惊心动魄的！这个巧妙的设计似乎使人想起那个哲学家争论不休的话题："如果一粒砂子消灭了，那末整个宇宙就会崩溃。"当然除了核爆炸链锁反应和黑洞等不多的场合，这种现象在自然界并不太常见。世界上事物之间的关系并非都象多米诺骨牌那样紧密。但是它却给整体的哲学提出了一个十分严肃的问题。有组织的整体内部各部分之间的关系是十分紧密的，任何一个子系统的变化都会通过功能耦合网传递到整个系统。那么我们又怎么能保证功能耦合系统中不出现上述情况？只要微小的内部和外部扰动不能被消除，扰动就会不断增大，一直至整个组织崩溃！我们知道，满足广义因果性的部分通过功能耦合组成整体时，功能耦合系统的存在有一个基本前提，这就是某一个子系统的输出集和它自己或别的子系统所要求的输入集正好一致（即值域与定义域重合）。这是形成组织的关键。只有这样，广义因果性才能合成较高级功能。

①Jearl Walker：《深思多米诺骨牌成串倒塌和悬出桌外的道理》《科学》1981年第12期，第94页。

但在有干扰存在时，特别是扰动有可能被功能耦合网本身不断放大并传到每个子系统时，我们怎么能保证这种功能耦合的一致呢？这正是结构主义面临的难题。

结构主义的全部立论都建立在任何一部分都通过转换规则与别的部分相联。但是结构主义哲学家很少想到整个哲学体系也许是沙滩上的大厦。每一个部分都和整体中别的相关，那么每一部分的变化（甚至是小小的搅动）都会关联着别的部分。如果整体的结构关系都如上面所讲的多米诺骨牌，那末任何一个有结构的整体都不可能存在！无论是人体结构，思想结构，语言结构还是社会结构，要保证它们各部分象群结构那样绝对自洽和封闭是做不到的。它总处于干扰的包围之中。坎农曾对人体在外界干扰和内部干扰中保持稳定性的能力感到震惊。实际上现实存在的任何一种组织，它的每一个子系统，以及子系统之间的联系都处于经常性的扰动之中。在正确的语言结构中选用错误的词，大质变对社会关系网的冲击，种群波动对生态平衡的影响等等，只要愿意，我们可以列举出千百种干扰来。因此一旦把理想的结构放到现实的扰动之中，结构主义全部成立的根据同样可以成为否认它的根据。这样一来，我们发现要真正搞清楚整体和部分的关

系，仅仅去分析整体各部分的相互联系、相互依存，用它们来说明整体的功能是远远不够的。我们必须正视另一个问题，这就是有组织的整体为什么能存在？因为在普遍的干扰背景中，不稳定的组织是不能存在的！要证明一个有确定结构组织的存在必须要证明这个组织系统功能耦合本身的稳定性，也就是我们碰到组织系统的稳定性问题。

这个问题有着统一的研究方法和答案吗？表面上看，似乎没有，功能耦合系统不同时，它的功能是各式各样的。正如计算机，程序不同，功能亦不相同。因此对于组织系统的整体功能和子系统功能的关系大约必须具体问题具体分析，泛泛而谈整体性质和子系统的关系意义不大，我们很少可能讲出更普遍的原则来。但是可存在性即功能耦合系统本身的稳定性探讨却是另一个问题。如果我们不考虑真实的组织是什么，仅仅去设想保持稳定（自身存在）可能的机制，那么任何一个功能耦合系统碰到的问题都是一样的。这使我们马上想到三十年代坎农提出的内稳态。只要一个功能耦合系统的输入与输出集的耦合（功能耦合状态）是内稳态，那么一切问题不就解决了吗？在这里我们看到某种历史的回归，因为可以说，组织稳定性可能机制问题早已解决了！

让我们回忆第一章所讲到的历史发展线索。可以说，我们在那里并不是为历史而历史的。本书不是教科书也不是科普读物，我们是希望把前人开拓的道路向未开垦的纵深推进，希望站在过去时代人们的肩上。历史上，人们首先发现内稳态，接着发现反馈机制，接着艾什比将其归为更普遍的形式——学习机制，（它是一种超稳定性）。当时，从坎农到艾什比的哲学概括主要沿着怎样由广义因果性合成组织的高级行为这一方向。但是，内稳定态有着双重含义，一方面它是一种高级适应机制。但另一方面，它恰恰又是普遍存在的保持功能耦合稳定的机制。问题在于我们从哪个角度来看待它。

因此，为了建造组织理论的大厦，我们现在必须迈出关键的一步。我认为，必须发展艾什比关于系统稳定性和超稳定的理论，不要把它仅仅当作学习机制，而把它看作保持一个组织系统存在的基本功能和结构；

可以预先指出，在本章以下两节就会看到，这就是我提出的维生功能和相应的维生结构。它不仅能解决组织系统的稳定性问题，而且是探讨组织系统发生、演化、生长、老化和解体的出发点。但是要到达那里，让我们先沿着艾什比的思路继续前进。在1.4节中，我们在谈到微分方程稳定性和内

稳态关系时曾讲过，如果变量x，y，z……等的关系用微分方程表示，那么可以从微分方程来求出那些满足微分方程的不动点(平衡态)x_0, y_0, z_0……。对于这些不动点，有些是稳定的，当它受到微小干扰发生偏离时，由微分方程规定的场会自动纠正偏差。有些不动点是不稳定的，场的作用会使偏离越来越大，最后会出现类似上面多米诺骨牌倒塌的局面。现在我们稍许改变一下问题的提法。将变量x_0，y_0, z_0……等当作某一个功能耦合系统中的输入与输出集，而微分方程则代表这些变量通过另一个由广义因果律组成的功能耦合网。即由x_0，y_0，z_0……等部分形成的组织是由二个耦合网实现的。这样，我们只要分析第二个功能耦合的方式（解这些微分方程），原则上我们就可以判定第一个功能耦合系统是否有抗干扰能力。在什么条件下，它没有抗干扰能力。在这里人们会感到用功能耦合系统研究整体的优越性。我们不仅可以通过它来研究各部分怎样组成整体，还可以通过不同层次功能耦合的关系与功能耦合的方式说明组织系统的稳定性，理解为什么有些组织能够稳定地存在，有些组织则是瞬间即逝的。

今天看来，如果把艾什比在《大脑设计》一书中关于学习机制的设想和人工智能研究成果比一

比，会感到艾什比的设想太粗糙，太一般化，也似乎已经过时了。但是如果我们换一个角度，把艾什比关于稳定性和超稳定的讨论看作组织维持生存和演化的讨论，那么它恰恰可以成为一个新的起点！但是艾什比的方法有某种局限性。微分方程只是广义因果性的一种表达式，它还要满足连续性等较为苛刻的条件。而广义因果性一般的表达式是：当条件C成立，E类事件会发生。对于很多组织系统，形成功能耦合方式不一定满足微分方程。但每个子系统一定遵循广义因果性的上述一般表达式。因此我们必须把艾什比的方法推广，来看看由广义因果性合成的功能耦合网（不一定是微分方程）对干扰的反应。当这样的组织系统处于持续不断的内外干扰中时，会出现哪些行为？能否保持它的存在？

3-2 自耦合分析

马赫早就提出，应该用函数关系来表示因果性。一般说来，广义因果性可以用$\{C\}\xrightarrow{f}\{E\}$表示。为了简化，我们考虑图3.1（a）那样最简单的由广义因果性合成的功能耦合系统，其中输入与输出都是数，功能耦合集只有一个变量，并且每个

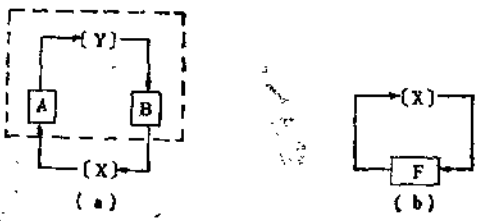


图3.1

子系统都是无记忆的（即输出只和前一时刻输入有关，和更早的输入无关）。这样，对于子系统A和B，输出是输入的函数。即有$y_{n+1}=A(x_n)$，$x_{n+1}=B(y_n)$。实际上，在2.2节图2.4（c）中我们已经讨论过这种组织系统的行为。现在我们来给出这类组织系统的一般分析方法。

显然，我们可以将→|A|→{y}→|B|→当作一个新的子系统F。它的输入与输出关系为：

$x_{n+1}=B[A(x_{n-1})]=F(x_{n-1})$　（因$y_n=A(x_{n-1})$）

这就是说，图3.1（a）可以简化为如图3.1（b）这样的自耦合系统。这种将复杂系统转化为自耦合系统处理的方法十分有用，因为当多个子系统通过串联耦合时，如果我们只对变量x的抗干扰能力感兴趣，那末我们可以把和变量x有关的整个组织系统的功能耦合网看作一个对x的运算子F。整个组织系统简化为一个x通过运算子F（x）形成的自耦合系统。我们称这种处理方法为自耦合分析。并把

F(x)称为自耦合系统的功能函数。

自耦合分析十分重要，它正好可以解决我们提出的问题，即什么样的组织能够存在？必须强调指出，在自耦合系统中，只有平衡态x_0〔$x_0=F(x_0)$〕代表处于另一个功能耦合网中的输出（或输入），而功能为F(x)的自耦合系统则是另外一个功能耦合网，其目的是为了保证第一个功能耦合组织在有干扰环境中的生存。它类似于艾什比所讲的由微分方程所规定的场。当干扰使功能耦合系统所必须的x_0发生偏离时，自耦合系统会有什么反应？我们下面来证明，当F(x)是线性函数时，得到的结果和微分方程稳定性完全一样。第一种可能是x_0为稳态，具有抗干扰能力；第二种可能是偏离会越来越大；第三种可能为作周期性振荡；第四种情况是x_0为随遇平衡。

只要对F(x)作具体分析就能判断自耦合系统处于哪一种状态。例如对图3.1的自耦合系统，如果它是线性的，令

$$\begin{aligned} x_n &= k_B y_{n-1} + b \\ y_{n-1} &= k_A x_{n-1} + a \end{aligned} \qquad (3.1)$$

其中K_A、K_B、a、b是常数，那末F(x)亦是线性的，

$$F(x) = x_n = K_A \cdot k_B x_{n-1} + a \cdot K_B + b$$

x_0为如下方程的解

$$x_0 = F(x_0) = K_A \cdot k_B x_0 + a \cdot K_B + b$$

很容易判断一个自耦合系统的平衡点x_0是否是稳定的。假定干扰使x_0变到任何一个别的数值，我们只要将这个数值代入F(x)，算出x的值，然后将算出的值再次代入算子F，这样反复多次，看其是否收敛到x_0即可。这一过程也可以用图3.2的对

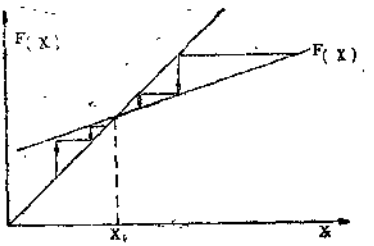


图3.2

角线蛛网法表示。令x为任一数值，据F(x)函数关系找到相应的F(x)，然后作一直线平行x轴，找出它和45°对角线（即F(x)=X）的交点，然后再作纵坐标的平行线，再看它与F(x)曲线的交点，也就是说自耦合系统的行为可以用F(x)和对45°角的直线用蛛网法作图来判定。显而易见，如果每个子系统都是线性的，任何多个串联耦合而成的自耦合系统的功能函数F(x)也必是x的线性函数，假定

$$F(x) = kx + b$$

那末平衡态是否稳定取决于K的值。用蛛网法很容易判别，当1>K>-1时，系统有一个平衡点，它是内稳态。当K>1或K<－1时平衡点不稳定，偏离平衡造成正反馈。当K＝1时，平衡点有无穷多个，但它是随遇平衡，而不是内稳态。当K＝－1时，系统趋于等幅振荡。这些结果与用微分方程表示的功能耦合系统是类似的。

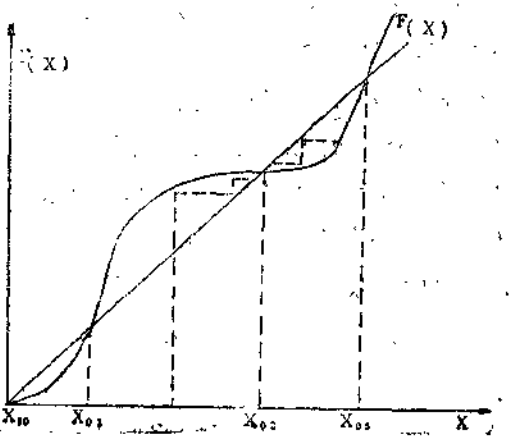


图3.2

对于非线性系统，问题就复杂一些，但用自耦合分析方法仍可得到十分有趣的结果。这时F(x)是x的非线性函数，但仍可用上述蛛网法判别F(x)曲线和45°角的对角线的交点是否稳态（图3.3）。显然，平衡态数目可以从x＝F（x）有多少个解求

得。而在每一个平衡点附近，我们都可将$F(x)$展开为幂级数，用线性方法对它进行探讨。显然，x_0是稳态的条件为$-1<F'(x_0)<1$。当$F'(x_0)=1$时，需要考虑高阶导数。必须注意，当$F(x)$是线性时，假定x_0是稳态，那末原则上干扰无限大都不会破坏x_0的稳定性。亦即使x实际偏离x_0多远，自耦合系统都可以将其变回到x_0。但对于非线性自耦合系统，干扰不能太大，只有在x_0附近，自耦合系统才是稳定的。

非线性自耦合系统虽然复杂一些，但我们可以证明一个十分有用的定理。这就是$F(x)$曲线和45°角线的两个相邻的交点不可能都是内稳态。假定$F(x_0)=x_0$有如下一些解：x_{01}，x_{02}，$\cdots x_{0n}$，$\cdots$如果x_{0n}是内稳态，那么，必定有$1>F'(x_{0n})>-1$。由于$F(x)$是连续的，那末必定有$F'(x_{0n+1})>1$，$F'(x_{0n-1})>1$，这样x_{0n-1}和x_{0n+1}都不可能是内稳态。后面3.5节我们可以看到，它和耗散结构中一个重要的特点相关。

总之，对于非线性自耦合系统，它在x_0附近的行为也如线性系统一样，有三种情况：①x_0为稳定态；②周期性振荡；③振幅不断增大的振动。不同的是，在远离x_0的区域，非线性系统会有哪些行为呢？可以想象，一种情况是x是在变动中趋于

上述四种情况之一。但有没有别的可能性呢？人们发现非线性自耦合系统的行为十分奇特。在某些情况下，虽然x变化是一意确定的，但它的变化居然毫无规律，和随机变化一模一样。发现这一点使科学家深感震惊！

一位著名的生物数学家F.C.霍彭施太特曾经讨论过一个看来很简单的自耦合系统。其功能算符F(x)如图3.4(a)所示。它可以现解为某种生态系统的功能函数，例如是一种特殊的繁殖曲线，即下一年鱼种群数是上一年的非线性函数。它是如图3.4(a)所示的一个山峰型曲线，表示某一种鱼种群量当大到一定程度时，成熟的鱼群会以幼群为食物，以至下一年的种群数会随之减少。图3.4(c)是用蛛网法得到鱼群每年的数目。F.C.霍彭施太特指出："这个模型惊人之处在于对大多数初始状态为S_K的值来说，以后逐年的成熟鱼群数量S_{K+1}，S_{K+2}…S_{K+3}…是混乱的(试作这个曲线的蛛网图)。①他把鱼群波动和抛掷硬币的随机过程作了比较，发现两者十分相似。他甚至用计算机对一个更为简单的非线性功能函数的蛛网法作了计算(图3.4(b))，发现它们的结果无规律，混乱得

①(美)L·A·斯蒂恩主编：《今日数学》上海科学技术出版社1982年版，第340页——第343页。

和抛掷硬币完全一样。他感叹道："蛛网法看起来很简单，但和某些十分困难的问题有关，数学家们已研究了一百年"，"发现如此简单的模型竟能支配如此复杂的性能未免使人扫兴。其实，这种性能在许多系统里是十分典型的，例如湍流或非线性振荡器的不规则性。这样看来，如果事物还有一点秩序，那倒是值得惊奇的。"①

实际上，很多数学家早就知道一个非线性的自

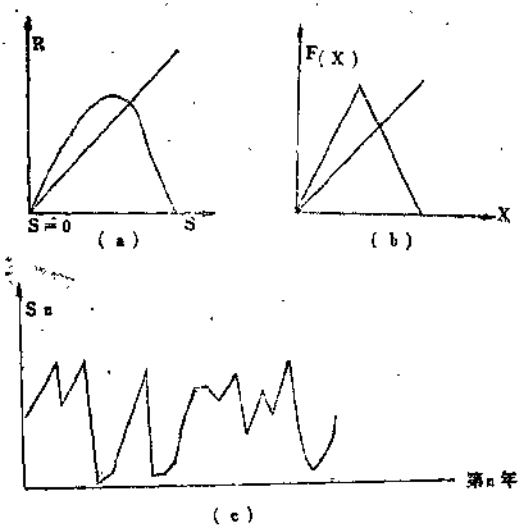


图3.4

①〔美〕L·A·斯蒂思主编：《今日数学》上海科学技术出版社1982年版，第340—343页。

耦合系统可以导致变量作类似于随机运动的变化。如冯·诺依曼在摸拟连锁反应时，为了很快地产生随机数，创造了一种方法。取任何一个四位数（例如7,325），将它平方得到另一个八位数(53，655，625），取其中间四位数（6,556），再将其平方，再取其中间四位数，这样将所有四位数放在一起，它们可以组成随机数表。显然，冯·诺依曼在这里正是设计了一个非线性的自耦合系统。这一切说明，在非线性的功能耦合网内可能出现完全无规则的随机扰动！

我认为，这是组织理论必须重视的结果。但直到今天，人们还没有注意到这种现象的普遍哲学意义。因为现实组织中绝大多数功能耦合系统都是非线性的。我们在各式各样的组织系统中（特别是组织在趋于瓦解和演化的过程中），经常看到混乱。混乱就是无序。人们通常有一个根深蒂固的偏见，认为混乱只能来自混乱，而自耦合系统这种奇特的行为证明，混乱完全可能来自于某种秩序。自耦合系统完全是用严格的因果性建立起来的，当因果关系是非线性时，互为因果会造成巨大的随机扰动。它出现的根源就在组织内部！它对于研究组织解体、社会矛盾的激化甚至社会的演化提供了新的思路。这一点我们将在后面多次提到。

我们在本节所做的全部讨论都可以推广到更一般的自耦合系统。假定自耦合系统相应的集合{x}不是数，那么自耦合系统将是一种关系。当考虑扰动时，这种关系就不但从空间上定义而必须从时间上定义，{x}自己到自己的映射构成一个变换。显然，功能耦合相当于对{x}集合进行某种持续不断的变换，只要这种变换无限制继续下去，只有两种可能，一种可能是变换结果是收敛的，即{x}集将变换到它的一或几个子集合中去，这些子集合对变换保持不变。这些子集就是功能耦合的内稳态。另一种可能是不存在这种子集合，它意味着功能耦合不稳定，带来无休止的振荡。

3-3 维持生存的功能和结构

根据上面的讨论，我们可以得到一个结论：对于任何一个实际存在的组织（即稳定的组织），其复杂的功能耦合网中必定有一个以维持其自身存在稳定性为目的的子系统（功能耦合网）。我们将它称为维持生存的结构（简称为维生结构）。当这个系统稳定时，组织能保持自己存在，当维持生存的

结构解体时，我们会看到组织的瓦解或演化。这就是说，组织系统的功能耦合必须是维生结构的稳态。

维生结构有时可用微分方程组规定的场来表示（如艾什比所做的那样）。在更多的时候，这可以看作由一般因果律构成的自耦合系统（或者由二者混合组成）。维生结构的作用是维持功能耦合。假定子系统A的输出x_0刚好是B所要求的输入。当干扰使得集合x_0越出B所要求的定义域时，在自耦合系统功能函数F（x）的作用下，x_0能自动恢复到正常的x_0集（图3.5）。我们知道，维生结构的存在意味着对那些组织系统中易受干扰的每一个处于耦合状态的输入与输出都有相应的自耦合系统，功能耦合状态x_0必须是自耦合系统的稳态，因为只有这样，这个组织系统才是稳定的，才能在有不确定性干扰的环境中存在。这也就是说，功能耦合必须是维生结构的稳态。当非线性系统中的干扰过大，或维持生存的结构不稳定时，由于自耦合系统的解x_0〔$x_0 = F(x_0)$〕不是稳态，微小的干扰也会使x_0不断偏离功能耦合状态，直至组织结构发生改变以致崩溃，这时我们必然看到组织系统的结构变化或迅速瓦解。

我们从任何组织系统都处于内外干扰这一前提

出发，推知任何具有确定性质和构造的组织系统都必须有维生功能和相应的维生结构。这个推断符合事实吗？只要我们稍加分析，就可以发现，上述观点在各门具体科学中早就确认，并且广泛运用着。各种不同的组织就有维生结构，它们大多都可以看作自耦合系统。人们只是没有将其上升为普遍的方法论原则而已。下面我们举几个典型例子。

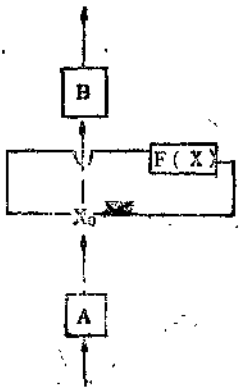


图3.5

生物种群是一个组织系统。当环境不变时，任何一个种群必须保持自己性状的稳定性，即遗传的稳定性，否则它就不能作为一个确定的种群存在。众所周知，其维生结构就是保持其基因频率为内稳态的机制。英国数学家哈代曾证明了一个基本定律：当种群不受外界影响时，它的基因频率保持不变（是内稳态）。生物数学家正是用典型的自耦合系统来描述保持基因频率为内稳态的维生结构的。例如我们考察A、B两个等位基因，可以建立这样一个模型来描述基因序比例的变化。设g_n为在n次繁殖后A基因的比例，可用孟德尔定律导出g_{n+1}和

g_n的关系（它是一个非线性函数）。这个关系可用自耦合分析中的蛛网法加以研究①。

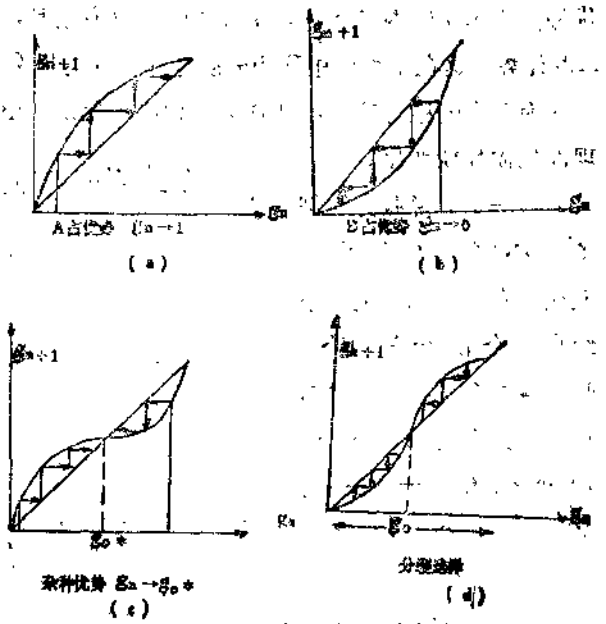


图3.6 基因频率的稳定性

图3.6表示四种不同的可能性：（a）表示基因A占优势，即A的比例迟早趋于一。其中A的频率为一的状态是内稳态。（b）表示基因B占优势。（c）表示杂种优势，g_0为杂种的基因频率，它是

①［美］L·A·斯蒂恩主编《今日数学——随笔十二篇》上海科技出版社，1982年版，第357—359页。

内稳态。当曲线如（d）所示时，杂种不稳定，A和B都是内稳态，但当干扰使g_0偏离左边时，B占优势，成为实际内稳态。当干扰使g_0偏离右边时，A占优势，这在生物学中称为分裂选择。在这里每当基因频率内稳态破坏，就意味着种群不稳定，出现演化或性状变化。

另一个有说服力的例子是DNA的维生结构的发现。众所周知，生命系统是一个由DNA、RNA酶和各式各样生化反应组成的巨大功能耦合网。其中DNA的结构十分关键，它提供了整个生化系统（酶合成，反应控制等）功能耦合的条件。但是DNA本身是处于干扰海洋之中的，紫外线的照射，某种化学物质的侵入和其它种种偶然扰动都可能改变DNA双螺旋结构中的遗传密码。例如在紫外线的照射下，DNA链上的两个毗邻的嘧啶或碱基可以通过一个四碳环接在一起，形成二聚体。我们知道DNA上嘧啶和碱基排列顺序是和功能严格对应的。一旦DNA结构被干扰，那么它和整个生命组织的功能耦合就会破坏。因此，我们可以推断在整

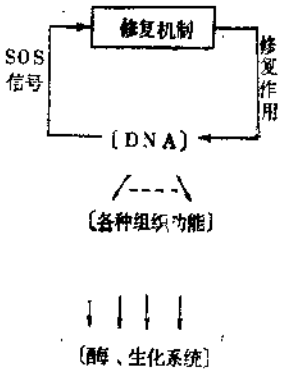


图3.7 DNA的维生结构

个生命组织的巨大功能耦合网中，必定有一个保持DNA结构本身稳定的系统，它是生命多层互相关联的维生结构的组成部分。

事实证明了这个推断，DNA的维生结构是七十年代末发现的。富有说服力的是，它恰恰是一个由广义因果律合成的自耦合系统。科学家称其为DNA损伤后自动发生SOS信号的协同修复机制。(图3.7)①。现已清楚，这个协同修复机制由如下广义因果律组合而成：

(1)一旦DNA某一部分有结构性损伤(偏离正常功能耦合态x_0)时，出现损伤信号。

(2)损伤信号激活操作基因。

(3)在操作基因作用下，UVrA和UVrB蛋白开始结合到损伤部位(图3.8A)。

(4)在UVrC蛋白作用下，损伤部分出现一个缺口(图3.8B)。

(5)在UVrC蛋白存在条件下，DNA多聚酶I接在缺口，并按碱基配对规则把新的核苷酸正确地补到缺口上去，并把损伤部分从DNA链中切下来(图3.8C、D)。

这五个环节，每个都是因果性的(如在C类条

①Paul.Howard-Flandes：《DNA的诱导修复》载《科学》1982年第3期，第21—31页。

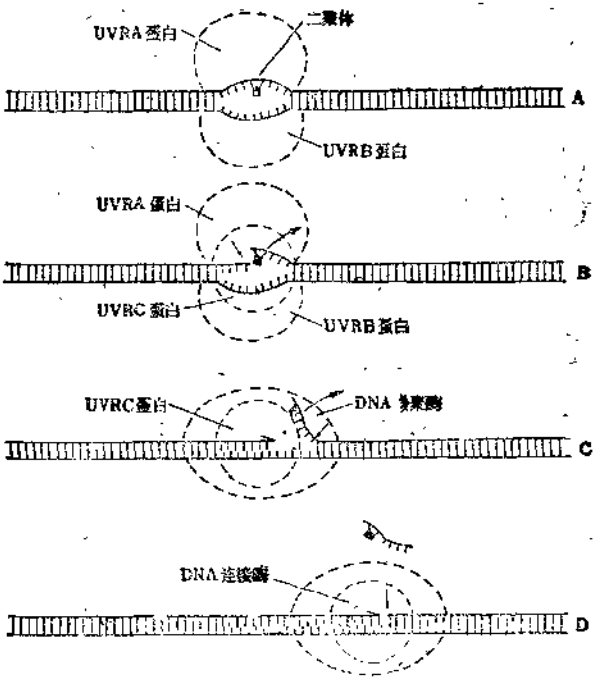


图3.8

件下，E类事件实现），并互相串联合成一个自耦合系统。图3.8表示想象的修复机制的结构。当DNA未损伤时，它不发SOS信号，修复系统处于关闭状态，即由LexA调控的各种修复程序有关的操作基因都因阻碍物的存在处于未诱导状态（图3.9A）。一旦DNA结构出现损伤，阻碍物会聚合到损伤部

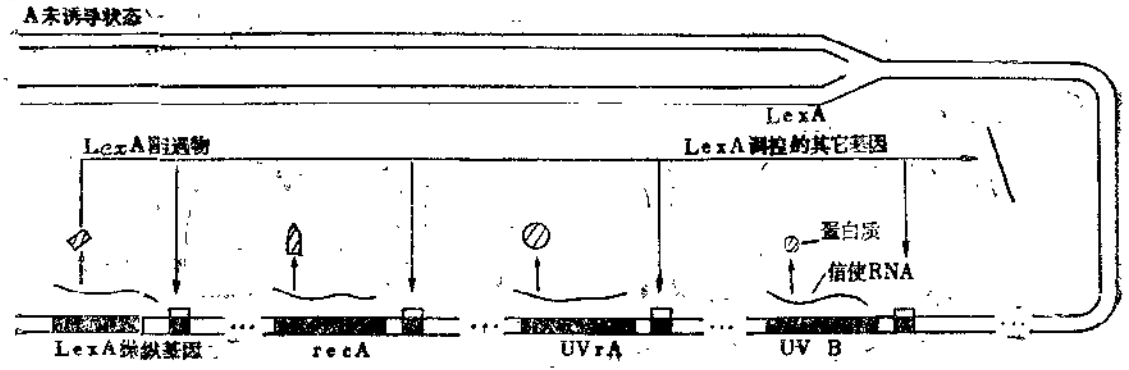

A未诱导状态
LexA
LexA阻遏物
LexA调控的其它基因
蛋白质
信使RNA
LexA操纵基因
recA
UVrA
UV B

图3.9

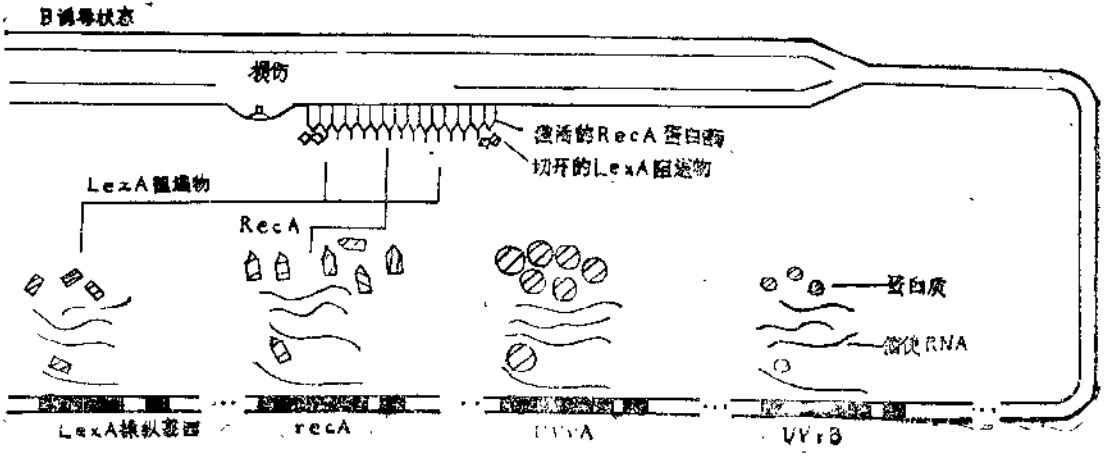

阻遏状态
损伤
激活的RecA蛋白酶
切开的LexA阻遏物
LexA阻遏物
RecA
蛋白质
信使RNA
LexA操纵基因
recA
UvrA
UvrB

图3.9

位．从而开启完成修复的操作基因（图3.9B）。修复完毕时，阻碍物重新使修复程序关闭。因此，如果用功能行为的观点来描述这个修复过程，DNA正常结构相当于x_0集，一旦出现损伤，等于干扰将x_0变成$\{x\}>x_0$，但修复程序是一个对$\{x\}$集各元素的变换，它能通过逐次变换使系统状态回到x_0状态。当系统状态等于x_0时，修复系统停止工作，这相当于在$\{x\}\xrightarrow{f}\{x\}$映射中，$F(x_0)=x_0$。在这里我们似乎看到一个活灵活现的按自耦合系统程序维持生存的结构。目前，科学家发现，当这个自耦合系统不那么稳定时，整个生命系统就要出毛病，癌症、老化等可能都和DNA维生结构的破坏有关。

生态学的例子也很典型。如果把每一个生物种群看作功能耦合系统中的输入与输出，功能耦合网就是生物种群之间的关系。生物学家早就知道这样一个事实：如果生态系统中种群过少，生态平衡是很脆弱的，功能耦合系统可能破坏。假如生态系统中只有两种生物A和B，其中A是被捕食者，B是捕食者，那末种群A、B的数量X_A，X_B变化往往满足Lotka和Volterra方程：

$$dx_A/dt=(r-C_AX_B)X_A$$

$$dx_B/dt=(d+C_BX_A)X_B$$

其中r是捕食者A个体最大出生率，d为捕食者A的死亡率（它是负值），C_A 为被捕食者保护自己的能力的一种测度，C_B 为捕食者的攻击效率。众所周知，这个方程代表A、B部分功能耦合方式，它有周期解，即 X_A 和 X_B 不一定处于定态。我们知道，当生态系统中某些重要种群发生强烈周期性振荡时，往往是生态组织崩溃的前夜，因为只要某一个种群数一旦小于某个临界值，它就会灭绝。例如在A、B二个种群的耦合系统中，只要振荡中的被食者量在某一时刻达到临界值以下，这两个种群都可能灭亡，耦合系统消失。显然，这是因为组织内维生结构不完善所致。

生态学家早就知道，在一个生态组织中，种群中的捕食关系越复杂，越不容易出现类似Lotka－Volterra方程所描述的那种振荡，生态系统也就越稳定。导致稳定的原因正是复杂性完善了维生结构。但在这里，维生结构的机制是各个功能耦合系统的相互作用。简而言之，它是一种切断正反馈的机制。我们知道，当捕食者食物链很复杂时，当被捕食者少到一定程度后，捕食者将放弃捕食这种动物而转向捕捉另一种数量较多的种群，这样就中断了那导致A、B间振荡和不稳定的反馈回路。显而易见，这种维生结构同样可以用某一个自耦合系统来表示，无

非这里内稳态x_0代表一个范围。当某一种群数一旦小于这一范围时，切断反馈的机制发挥作用，这种种群又开始增长，当它增长到一定程度时，切断反馈机制消失。

实际上，只要我们严格审查一个处于有干扰环境中的组织系统，总可以发现如下一个普遍规律：维持这个组织生存的必需条件（指环境提供的条件）往往是这个组织系统自身所具有的功能之一。即任何活的组织都具有图3.10所示的反馈，生存所必需的条件正好是这个反馈调节的稳态。我们知道，动物饿了，就会去寻找食物，见到火与天敌就会逃避。这些功能的作用正是为了维持生物体这个组织能够生存的那些必需条件（比如一定的营养，温度等）在干扰存在时能稳定。这一点艾什比已作过详细的讨论。这个反馈正好是有机体的维生结构之一。它亦是一个自耦合系统，只是因为它太常见，人们往往熟视无睹罢了。

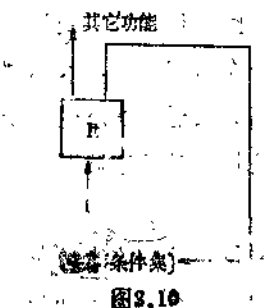


图3.10

一个组织越复杂，其功能耦合网涉及层次越多，其维生结构必定也就越复杂。古代哲人曾用火来比喻生命，大约火是自然界最为简单的具有维生

结构的系统。火有发光发热的功能，它同样需要一些条件，例如添加燃料、氧气和一定的温度。而燃烧所需的温度条件恰恰是通过燃烧本身的功能来满足的。自催化反应也属于这一类。但是这种维生结构毕竟太简单了。因为燃烧过程和自催化反应中虽然有功能耦合，但亦算不上什么组织。但从中却使我们看到一条普遍原理：大约自然界的任何稳定的功能耦合系统都有某种维生结构，组织越复杂，维生结构亦越复杂。

一般说来，复杂的系统存在着由多个层次组成的功能耦合网，因而维生结构亦是多层次的。例如社会，高度宏观地看，它的维生结构就是政治结构、经济结构和文化结构的功能耦合网。然而对每一个子系统，它都有维系自身稳定的结构，甚至到每一个微观组织如一支消防队，一个医院等等，人们都可以发现这些系统中都包含着正常运转状态受到干扰时开动应急系统的程序，它们正是这些微观组织的维生结构。

必须注意，在这里我们对维生结构的定义完全是从功能出发的。我们先从组织系统的总体功能W出发，得到由A、B、C、D……等子系统和形成总体功能W的功能耦合网（见2.1节），然后又从维生角度出发得到了以A、B、C、D等为子系统的另

一个功能耦合网。或者更严格地说，维生结构是以A、B、C、D等子系统的输入和输出组成的另一个功能耦合网，即对于同样的输入与输出集，可以存在着两种功能耦合网。我们将它称为同一结构的多功能性。

如果我们把一个组织系统中的输入和输出集和组织中能观察到的部分（实体）相对应，功能耦合网只是它们之间的关系。我们说任何一个组织系统都有相应的维生结构，并不是指我们在结构组成上能发现新的未知实体，只是说这些部分之间的关系中间存在着一种自耦合，它是以维系功能耦合为目的的。比如在DNA诱导修复系统的例子中，我们可以看到，DNA的修复机制正是DNA本身众多的功能之一。因此，把组织结构和某一个实体对应起来，那么我们差不多总能看到同一结构组织实体必然具备二种以上的功能。维生结构只是这诸多功能中必备的一种。这是组织系统一个极为重要的性质。我们在第六章中（详见6.4节）可以看到，老化机制和它有密切关系。

3-4 存在的逻辑

我们在本章一开始就指出，任何一种存在都

处于内外不确定性干扰的包围之中。从这个哲学前提出发，我们推论任何具有确定性质和构造的组织系统都必须有维生功能和相应的维生结构，并以3.1节的自耦合分析为切口，在上一节提出了维生结构的概念并证明了它的普遍性，从而解决了组织稳定性的问题。我们在上一节开始时指出，当维生结构稳定时，组织能保持自己的存在，当其解体时组织会瓦解或演化。这意味着，维生结构的思想对组织稳定性的解决，已使我们不自觉地卷入了组织的发生和演化问题的探讨。从维生结构来探讨组织的起源，使我们接近了整体哲学或者说本书的核心，接近了整体哲学的演心原理，这就是事物作为有组织整体存在的逻辑，也就是整体哲学的起点！

我们知道任何哲学抽象必须要有一个出发点，那么作为整体的哲学面临最基本的问题是：它应以什么作为自己的基础？照常识看来，整体哲学的出发点应是客观实在的整体，也就是整体的存在。理由似乎非常简单：整体之所以为整体，就是因为它不需要通过外部条件来说明它的性质、存在和变化，一切必须从整体本身出发，于是哲学家也只能从整体存在开始。但是，这也许正是常识所犯下的一个大错误。整体哲学不能从整体本身开始。因为从整体本身谈本身是一个不可证实的空洞概念。

让我们象本章开始一样严肃地提出整体哲学的核心原理，它和本章开始的那个原理一起，构成了本书两个基本的哲学前提。我认为，哲学的出发点应象科学一样，从最普遍的可证实的概念开始。显然这个概念就是事物性质的条件性。任何事物的存在和它具有的属性总是依赖于这样或那样的条件。认识某一现象和它所依赖的充分必要条件就是发现广义因果律。这一哲学原理不言而喻。它是广义因果律的哲学抽象。每当人类证明一个科学事实，就对这个不可动摇的原理检证一次！因为这一原理本身也就是科学要求用受控实验来证明事物之间相互联系这一基本规范的另一种概括。无需指出，本书从头到尾是贯穿着这一原理的。但是在两个地方这一原理对于我们整体哲学体系的具体构建有着特别的意义。第一是第二章关于实际存在的组织整体作为由广义因果律功能耦合而成的闭合系统的讨论；第二就是眼下关于组织演化的讨论。

如果我们以事物性质和存在的条件性作为哲学出发点，那么整体就可以规定为一批事物的集合，它们的性质和存在是互为条件的！这样，作为这些事物的集合的性质，我们也不需要从外部来寻找它们的根据。

一个互为条件之事物的组合是什么？是现实存

在吗？不！它是存在的可能性。因为各种各样条件系统的可能组合要比实际上存在的整体多得多，如果我们坚持哲学中公理应具有可证伪性，那么就应该承认从中推出的结论！这样我们得到了一个十分重要的哲学观点：可能性比现实性更为基本，我们不应该用现实来推出可能，反过来应该从可能来推知现实！

可能性与现实存在的关系，历来是哲学家热衷争论的问题。自古以来，现实的存在（客观存在）曾被科学和哲学看作原始的出发点，特别是唯物论和经验论的出发点。而可能性仅仅被当作一种不太重要的潜在，它只是现实存在的外推，是未来所面临的某种选择。在这种思想体系中，究竟是庄子梦见蝴蝶还是蝴蝶梦见庄子？问题一目了然。用一个现实来说明另一个现实，虽然保守、僵化，难以解决诸如生命起源、人类起源、意识起源、社会起源这样的难题，但这种哲学毕竟给人一种安全可靠的感觉。但是，一个不以科学为自己基石的哲学体系必然会碰到科学的挑战，它的基础性概念必然会随着科学的迅速发展而被冲垮。确实，自本世纪初以后，我们看到这种古老的信念的崩溃，人类惊奇地发现包围着我们生存的那个无边无际的可能性海洋。

Farkas曾说过："许多事情都有一个特定的时期，这个时期一到，它们就同时出现在许多地方，就象一到春天，满山遍野都是紫罗兰一样。"首先，物理学家发现原子并不是坚实的，原子核只是基本粒子的某种组合，原子科学家曾把世界比作一个巨大的尚未引爆的炸药堆。同样我们所知道的分子结构更是难以计数的原子组合方式中一小部分而已。就拿一个血清蛋白那样大的蛋白质分子来说，它是由500多个氨基酸组成的，那么它排列的方式就有10^{600}种。请设想一下这个数目，它比目前已知的整个宇宙中的亚原子粒子的数目还多得多！生物可看作基因的组合，计算机科学发现了组合性爆炸，天体演化理论甚至已经证明：今天的宇宙只不过是大爆炸后各种可能宇宙之一！现实的宇宙只不过是无穷无尽组合可能性中的一个小岛。总之二十世纪三十年代以后，几乎在所有人类知识领域中，都同时发现现实的存在比起可能有的只是苍海中可怜的一粟。变化中的世界只是在展开它本来就具有的巨大的可能性海洋，到目前为止，存在了一百亿年历史的世界只尝试了其中极少一部分。人们感到，生命可能是偶然的，进化也可能是一种偶然性。文明进步似乎也并非必然。存在和确定地演进再也不是基本的东西了，它只是无数的可能性的偶然的

一霎那。

存在是先天合理的和坚实性的信念的消失，确实给人们带来某些惶恐之感。它动摇了人类理性的乐观主义的哲学基础。一时间，非理性主义的思潮和形形色色的关于存在和现象的思辨哲学风起云涌。然而，这种恍惚之感会很快烟消云散，它只是因为人类的哲学思考一时赶不上科学发现而带来的暂时热症，也是一种不彻底的表现。科学发现现实只是可能中的一小部分，哲学家迫不及待地作了抽象，把存在等同于梦幻状的组合可能。但他们没有看到后一点：那就是：只有那些可能组合中的稳态才能成为真实的存在！

整体的哲学正在建立一种更为彻底地理解存在和发展的强大的理性。组织理论证明，那些有组织的整体，只有具备稳定的结构才能存在。我们一定能用科学和理性来剖析稳定的机制，理解存在的原因。这样，现实的存在依然是合理的，有意义的，但我们已经对它看得更深了。从稳定即存在的角度看来，存在虽然合理，但并非不可动摇和不可怀疑；进步是可能的，但并非不需要理性的争取和努力。它同样也需要稳定性，因而也不可能是一个幻梦。我们生活在一个千变万化但却更需要依靠自己洞察力的世界，我们必须建立对世界的整体观念和

不盲目相信现实的理性。问题的关键在于我们必须在认识现实合理的同时更加珍惜创造，把理性的目光投向那远方可能稳定的存在之岛。

总之，我们发现，整体哲学的基础必须遵循着一条独特的思路，这就是从有条件的存在，到它们互相依存的各种组合可能，再从中找出稳态，最后这些稳态中的部分才对应现实的整体。这样整体的哲学本质上是发展的。因为我们在探讨任何现实的整体时，一定要考虑可能性的海洋，只有在可能性背景下的整体才是有意义的。

把现实存在看作可能性空间中的稳态，一下子给组织起源的研究指明了方向。起源在思辨哲学中是一个从无到有的变化，它是神秘的。而在我们的哲学框架中起源则变为从可能性空间的一个状态向另一个稳态的变迁，它是可以用科学方法来研究的。我们的视野投向那新的世界的岛屿和大陆，这就是组织理论向我们展示的组织系统产生、存在、生长、发展、老化的历程！

3-5 吸引子、组织起源和价值观

组织是如何产生的？这也是当代最为热门的话

题。既然组织是功能耦合系统，织组的起源也就是功能耦合的起源。一般说来，任何一种结构的起源是不可能从这种结构的本身推知的，正如一个人不能抓住自己头发而将自己提起来。然而研究维生结构却为打破由于结构封闭而导致的逻辑循环找到了某种出路。其思想方法简单而又深刻。我们既然已证明现存的任何组织必有一个维生结构，而且其各部分都是维生结构的内稳态，那末，只要能证明，非功能耦合状态（无组织状态）不是稳态，或者不如组织系统稳定，那么功能耦合系统就必然自发产生，或者被干扰(或涨落)造成！但必须指出，用维生结构的思想说明这种组织生成机制，我们要首先作一种转换，先用另外一种更形象的模型来描述那代表维生结构的自耦合系统(参见3.3节开头部分）的稳定性，为此我们只需要考察一般自耦合系统中稳定性的普遍规律。

D.R.Hofstadter 把自耦合系统变量趋于稳态的过程（类似于图3.2）称为“奇异吸引子”。这个名词是颇为形象的。因为蛛网法证明，无论X开始处于什么值，X最终都将落到X_0状态，功能耦合系统稳态好象是一个吸引中心。更为形象地讲，系统状态变量达到稳态，好象一个小球在重力作用下落入洼底，洼底的位置恰好是稳态X_0。最早想出

用这种形象的方法来描述稳态的是李雅普诺夫。他在研究微分方程稳定性时发现，可以根据方程来构造一个李雅普诺夫函数 $V=V(x, y)$。李雅普诺夫函数可以想象成（$x\times y$）相空间的某个曲面（或超曲面）。如果势函曲面有洼存在，洼底代表稳态位置，洼的大小代表吸引中心的势力范围。例如当类似于（1.1）、（1.2）那样的方程有稳态（x_0, y_0）时，x_0, y_0必定是$V(x, y)$的极小值，而且根据方程（1.1）、（1.2）可以确定，当$x\fallingdotseq x_0$, $y\fallingdotseq y_0$时，一定有$\frac{dv}{dt}<0$，亦即无论一开始系统处在什么状态，只要它处于李雅普诺夫函数规定的洼内，它一定会被吸引到稳态。

对于自耦合系统，能否引进类似于李雅普诺夫函数这样的势函数，使得相应的内稳态x_0也表示成势函数的洼呢？我认为，虽然蛛网法所规定的系统变化轨迹是不连续的，但我们同样可以把自耦合系统内稳态表示为势函数的洼，只要我们仅仅考虑稳态而不考虑等幅振荡（因为它们不会同时出现）以及忽略系统状态变量落入洼的细节。例如，对于线性自耦合系统，其功能耦合函数$F(x)=kx+k$，x_0为内稳态的条件是：

$$x_0-(kx_0+k)=0$$
$$-1<k<1 \qquad (3.2)$$

或　　$1-k<2$及$k<1$

显然，（3.2）规定的条件正是满足如下势函数在x_0为极小的要求：

$$V=\frac{1}{2}(1-k)x^2-kx$$

（其极小值的条件是$\frac{\partial V}{\partial x}=0$，$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}>0$）。这个势函数曲线是以$x_0$为极小值的抛物线，$k<1$意味着$x_0$正好处于抛物线的洼底。而$k>1$，抛物线倒了过来，$x_0$成为势函数的极大值，它是不稳定的。

对于非线性自耦合系统，我们同样可以引进势函数，只要令

$$V(x)=\frac{1}{2}x^2-\int_0^x F(x)dx$$

则　$\frac{\partial V}{\partial x}=x-F(x)=0$，　$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}=1-F(x)$

它意味着势函数为洼的条件恰好是x_0为自耦合系统内稳态的条件。这样非线性自耦合系统有多少个内稳态，完全可以看势函数$V(x)$有多少个洼。（当然必须注意，对于非线性系统，稳定性仅仅在稳态附近才有意义，这一点在分析吸引中心的势力范围时不可忽略。）

一旦内稳态表示成某一个势函数的洼，我们马上可利用直观洞察力来设想组织起源的机制。既然组织中维生结构的内稳态决定着组织的实际存在，

那就意味着组织起源实质上变成了另一个问题，这就是首先考察组织可能性空间中的稳定性之洼。我们设想在整个相空间（状态组合空间）存在着许许多多洼。某一个洼的吸引范围代表某一种内稳态结构（形成功能耦合）。而在这个洼吸引范围之外代表另外一种状态，它可能代表另一种组织，也可能没有实行功能耦合状态（图 3.12(a)）。显然，只要在洼以外的区域势函数是平坦的，那么只要有干扰（或涨落）就可以把系统推入洼内。在干扰或涨落作用下，系统状态作随机变化，但一旦进入洼内，表示稳态结构形成，系统不再作随机变化，它会被吸引到洼底。这意味着一个无组织的随机系统转化为有组织的功能耦合系统。因此，判定组织能否自发产生需要知道势函数的形状。

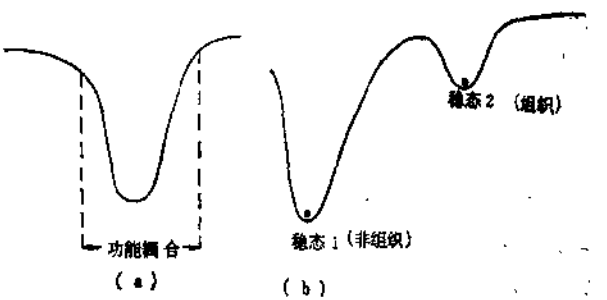


图 3.11

在讨论组织起源问题时，如图 3.11（a）这样

的势函数是很少碰到的，它只有特殊条件下才存在。它意味着非组织状态是不稳定或亚稳的。对于大多数组织，特别是生命系统，非组织状态也是稳态，它也处于一个洼之中（图3,11〈b〉）。这个洼的势函数是由热力学第二定律决定的。正如普里高津所说，“均匀的温度分布对于初始的非均匀分布来说是一个吸引中心。普朗克十分正确地强调指出，热力学第二定律在分子自然界中各种类型的状态之间的差别，一些状态是另一些状态的吸引中心。不可逆性就是对这个吸引的表达。”① 因此，要证明组织系统可以从无序中产生，必须克服二个困难：第一，证明势函数还存在着第二个洼，这对应着组织系统，也就是说，代表无序的吸引中心在相空间的势力范围是有限的。第二，系统的涨落（干扰）足够大，可以偶然地使系统跳出洼而落到稳态2的势力范围中。这两个问题正是普里高津耗散结构的核心思想。

普里高津力求寻找远离热力学平衡态的李雅普诺夫函数，终于发现在远离稳定态Ⅰ（热力学平衡态）的地方可能形成代表组织状态的洼。这就是耗散结构。他亦证明了对某些不太大的系统，涨落

① 〔比〕伊·普里高津《从存在到演化——自然科学中的时间及复杂性》上海科技出版社1986年版，第17页。

使系统跳出作为热力学平衡（无组织状态）的注是可能的。这二点要在热力学上给予证明十分复杂。但其基本思路却十分简单。实际上，我们只要回忆一下3.2节中的非线性自耦合系统，它已经包含了耗散结构的基本方法。我们指出，一个非线性自耦合系统，两个相邻的平衡态不可能都是内稳态。假定原点代表热力学第二定律的稳态，那么第二个稳态如果存在，必定出现在远离平衡的地方。3.2节中曾指出，非线性自耦合系统在不稳定时可以产生巨大的随机扰动，这一点也许更为重要。因为在组织进化中，新的组织形态常常是旧组织瓦解后出现的，在旧有非线性系统瓦解前，自耦合系统可以出现巨大的随机波动，它也许正是使系统进入新组织结构的巨涨落。这种巨涨落在社会结构瓦解时经常看到。我认为，它也许能为解决耗散结构中的涨落困难提供新的思路。

实际上，生物学家早就应用类似的方法来说明进化。可以说，利用势函数的注来说明生命组织的进化正是当代进化论的基本思想，稍有不同的是生物学家是独立地发现了它。他们不是用势函数趋于极小，而采用适应度趋于极大。突变相当于对基因序的干扰或巨涨落，而自然选择则意味着进入那些适应值最大的状态。T·杜布赞斯基曾这样概括适

应性："每个生物都可以认为是器官或性能的组合，以及也是促使这些性状发育的基因的一定组合……所有这些组合，可以认为是造成一个多面性的空间，在这个空间内，每个生物或可能存在的生物都有它的地位。现存的和可能有的组合，可以按照它们对于世界上现有环境的生存适应性而加以分解。……所以，基因组合场可以最简单地想象为一个地形图，图中等高线象征着不同组合的适应值（图3.12）。因此，具有能够使生物占居一定生态龛的有关基因组合的类群，是以处于这种场中不同部分的适应峰(adaptive peaks)来表示的（图3.13中的

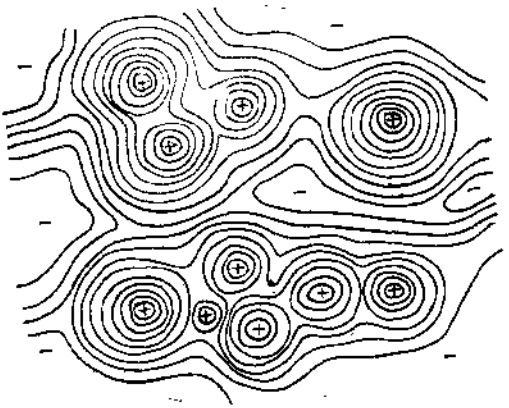


图3.12 在基因组合场内的适应峰和适应谷。等合线代表基因型的适应值（达尔文式的适应性）。（仿Wright.）

正号)。而使携带者不宜生存于任何现有环境中的不利基因组合，是以峰间的适应谷(adaptive velleys)来表示的（图3.12中的负号）”。①这样一来，进化过程就可以被看作生物从一个适应峰跳到另一个适应峰。因此，生物学家认为：“新种只是出现在有可以利用而未被占用的小生境”，比如鲨鱼从河流向岸边湖泊的扩展过程中产生了一个新种。特别是新近出现的协同进化论更是强调选择压力，新种基因序的稳定性等等。显然，我们只要变换一下名词，比如基因组合换成相空间，适应峰和适应谷是负的李雅普诺夫函数，那末现代进化论的思路和耗散结构理论所讲的一模一样。

这里丝毫没有贬低耗散结构的意思，也绝不是说，耗散结构的哲学进化论早已发现了。我只是想证明，如果深究当代各门自然科学方法的本质，我们可以看到一种深刻的思想汇合，它就是，用可能性组合中稳定的状态来说明整体的存在。而整体哲学最重要的基本思想，则是用维生结构稳定性的破坏和再建来说明组织的发生和演变！关于维生结构的这一思想我们已在前面多次提及了。

近年来，类似的方法不仅用来说明生命组织的

①T·杜布赞斯基：《遗传学与物种起源》科学出版社1986年版，第5—7页。

起源，社会合作的起源，甚至价值观的起源。价值历来被认为不能用科学方法来研究的。为什么古埃及人要信奉阿蒙神。而印度则崇拜释迦牟尼呢？价值观的起源是社会组织研究中的难点。甚至连罗素这样的理性主义哲学家都把价值问题看作科学的边界。在《宗教与科学》一书中他曾这样写道："我断定，虽然科学确实不能解决各种价值问题，但那是因为它们根本不能用理智来解决，它们不属于真伪的范围。"① 然而，只要我们把存在和稳定联系起来，价值观也可以用科学方法来研究，因为一种普遍的确定的价值观也是一种确定的存在，它必须具有某种稳定性。也就是说，用科学方法可以揭示价值观的起源。在这方面最有代表的工作是 Robert Axelrod 完成的。

Axelrod 的研究是从解决对策论中著名的"囚徒疑难"开始的。② 所谓"囚徒疑难"是这样一个问题，当比赛的双方互相欺骗时，两人得分都是零，但只要两人合作，双方都得到一定的分数，不过一方欺骗另一方成功时，成功一方得最大的分，

①罗素：《宗教与科学》，商务印书馆1982年版，第130页。

②D·R·Hofstadter：《对囚徒疑难所做的计算机比赛提示合作是如何演化出来的》，《科学》，1983年第9期，第91—98页。

而被欺骗者得负分。假定每个比赛者都是自私自利的，目的都是为在比赛中得分最多，那么比赛者应采取怎样的行动?这是一个复杂问题,单从某一种纯逻辑分析出发，很难找到合理的规则。因此,必须在大量比赛中来确定最优程序，而每一种程序对应着一种价值观念。1979年Axelrod 设计了一个计算机比赛。他呼吁计算机专家各自设计一台计算机程序。每一个由某一博奕论专家设计的程序和别的程序交战200次，看最后谁得分最高。计算机模拟证明，得分最多的是被称为“以一报还一报”的计算机。它的行动规则很简单：（1）不首先欺骗对方（2）如果对方欺骗了你，你一定报复（也搞一次欺骗）（3）要宽恕，即一旦报复过一次后，重新采取和对方合作态度，而不怀恨在心。”

更有趣的是 Axelrod 还设计了相应的“生态比赛”，即把某个计算机在某一轮中的得分看作“适应性”度量，由它决定下一次比赛的某种机会，他发现在200次以后，那些以欺骗和耍手段为主的恶劣程序开始逐步淘汰,最后绝灭。经过大约1000次比赛后，上述以一报还一报的得分逐遥领先，成为占主导地位的“种群”。Axelrod 计算机比赛结果也许暗示了在一个由自私自利个体组成的群体中合作行为的起源。他把这些结果写进了一本著名的书

《合作的演化》之中，并和一位进化生物学家 William. O. Hamilton 发表了对于进化论的一些重要推论。他们的工作获得广泛的重视，被授予1981年度的 Newcomb Cleveland 奖金。

我认为，Axelrod 工作更大的意义在于对价值观形成模式的探索。没有证据表明在原始状态的人类是一个完全自私自利的种群。但以一报还一报的程序和很多社会中普通人遵循的价值规范十分相象。当然社会价值观念比上述原则要复杂，特别以宗教为基础的价值观常常带有神秘的色彩，但是从结构功能观点来看，价值观首先是一种行为规范，它在本质上是指导人们行为的准则，可以简化为某种程序。Axelrod 工作中最为重要的是：他用稳定来说明存在！在模拟生态比赛之中，得分数就是李雅普诺夫函数。那些最终生存下来的程序对应着某个洼底（或适应度最大的峰）。价值观和稳态之间的联系是十分重要的。我曾提出过社会结构调节原理，认为一个社会价值观和政治、经济结构是互相功能耦合的，那些实际能存在的普遍价值观一定是社会维生结构中的稳态！

3-6 小结：活的组织

现在我们可以回答一开始提出的问题，并对前三章讨论的内容作简单的总结。

为什么有组织的整体一定大于部分之和？为什么只要把组织支解，作为整体的属性就会消失？关键在于任何组织系统都形成了部分之间互为条件、互为因果的维系网。组织作为功能耦合系统，其中任何一个部分(子系统)存在的条件是整体中别的子系统或它自己功能提供的，因而一旦割断功能耦合网，每个子系统都失去了别的子系统对它功能存在必需的那些条件的提供，这样整体功能当然不复存在！在明确了整体和部分的关系后，我们又从功能耦合网出发，提出了维生结构，并从维生结构的产生和瓦解来研究组织的进化。这样，我们把活力和神秘的“有机性”一点点从组织中驱逐出去，建立了对组织性的科学解释。或许，读者觉得还有一个问题没有解决，这就是生命组织和无生命组织之间几乎存在着一种本质的不同，生命是活的，而机械，仪器是死的，但它们都是功能耦合系统。如果功能耦合系统确实是抓住了组织的本质规定性，那么

有生命组织和无生命组织的种种差别怎么说明呢？

确实，活的组织和死的仪器组织有本质不同。象机器这样简单的无生命组织，把它拆成零件后还可重新装配起来，而对有生命的组织只要一经解体，各个部分就会不可避免地死亡！但这种差别完全可以用功能耦合方式来解释，这里同样不需要引进哲学上说不清的诸如“有机性”之类规定。关键在于我们必须考虑功能耦合系统的层次和复杂性。

让我们考察如图3.13（a、b）所示的两个功能耦合系统：

在（3.13a)中，功能耦合系统的两个子系统虽然实行功能耦合，但结构A存在的条件{a}和结构B存在的条件{b}却不是靠功能耦合系统内部提供的。结构A、B的稳定依靠外部条件。（注意，结构A B，用{x}{y}集的映射方式定义，它是和输入与输出集层次不同的集合。）因此，这种功能耦合系统破坏后，要修复相对容易，只要将二个子系统输入与输出重新耦合即可。人造组织如仪器等大多有这个特点。将仪器拆成零件后，这些零件本身存在条件并不是仪器组织提供的，它们在仪器组织瓦解时通常都是稳态。因而只要将其重新组合，整体功能就会恢复。仪器组织之所以有这个特点是因为这些零件大多是在功能耦合系统形成之前先制造好的。因

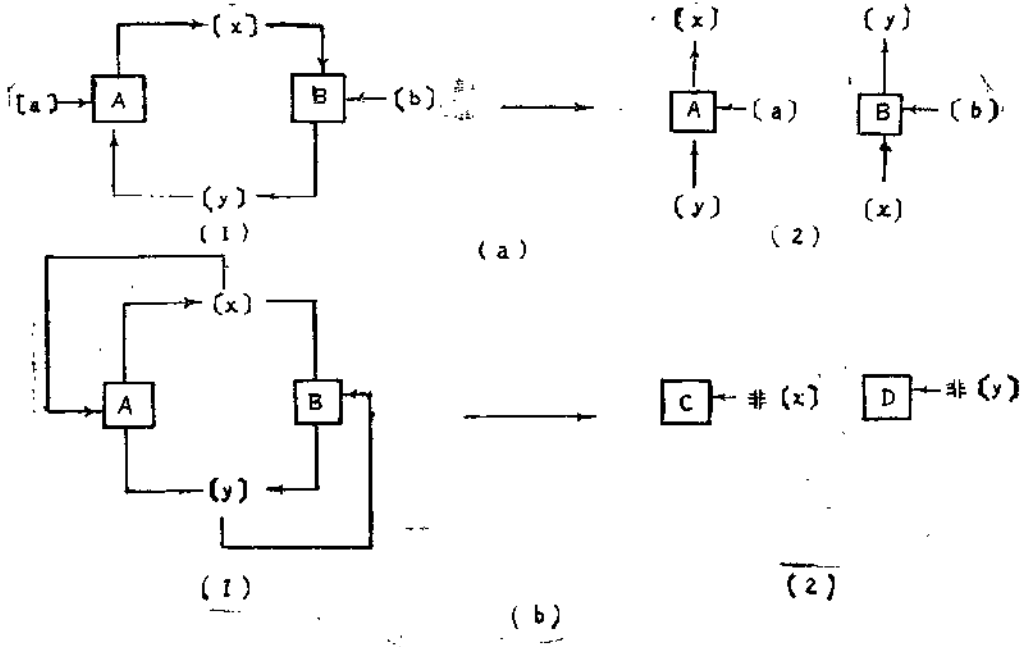


图3.13

此，这种制造程序决定了每个子系统结构存在的条件与功能耦合网相对独立！否则仪器装配工作将十分麻烦！

我们可以证明这一类死的组织只是功能耦合层次相对简单的组织。当功能耦合网涉及几个层次时，组织的“活的”功能将显示出来！例如对于（3.13b）中的功能耦合系统，子系统A、B存在的条件都是靠组织内部提供的。一旦功能耦合破坏，{x}、{y}不再是稳态，这样，以{x}{y}稳态为条件的A和B结构（它代表{x}和{y}之间确定性联系）也不存在了。在非{x}、非{y}条件下，子系统结构变为C、D等其它状态（由外界条件而定），这时，再将C和D放在一块，就不可能进行功能耦合了。也就是说，只要功能耦合是多层次的，那么支解后它就会出现“死亡”、“不可恢复”等特点。当然（3.13b）这种系统耦合层次还不算多，实际生命组织是多层次复杂的功能耦合系统。但即使对于如图3.13b这样包括二个层次功能耦合的简单组织，它却有类似于“活的”性质，因为这些组织的部分一经从整体中取下，由于存在条件破坏，每个子系统都发生了不可恢复的变化，也可以说是“死了”。当然，我们说，这些多层次的功能耦合系统一旦分解，每个子系统结构都会变化，这并非断言这些子系统绝对

不可能从组织中剥离出来；只不过要“剥离”就需要人为地提供子系统生存的条件。

实际上，现代医学早已证明，活的组织是可以从整体中取下后仍然活着，比如细胞和动物器官，只要我们人工提供生存条件，它们仍然可以在体外存活。当然这些条件的控制往往是十分复杂的。要模拟得和整体中原有的条件完全一样是十分困难的。

活的组织的功能耦合系统层次复杂，而且各个层次互相纠缠，这个特点本身就暗示着它们的起源和机械性组织是不一样的。他们不能象仪器那样先制造零件，再实行功能耦合。它们的生成过程中，功能耦合和层次的出现，包括子系统结构的形成要和功能耦合同时进行！对于如图3.13b那样简单的双层次组织，还可以用3.5节组织起源的模式来解决。对耦合层次很多的复杂组织，组织从无组织状态直接起源不可能，因为巨涨落一下子把一个混乱系统推进到极为复杂的组织之洼是不可思议的。那么它是怎样生成的呢？众所周知，自然界每天都在生产这些活的组织，生命组织形成的确有着统一的模式，这就是生长！我们必须迈出更勇敢的一步，去研究生长的机制。

第四章
生 长 的 机 制

兰长从来就笼罩在神秘的阴影之中……

——作　者

万物从时间中诞生，随时间流逝而成长，到时间终止灭亡。

——优婆尼沙昙

4-1 从蝴蝶花纹和圆锥曲线的关系讲起

赫胥黎在他的名著《进化论与伦理学》中引用过一个著名的童话故事“杰克和豆杆”。据说杰克种下一棵豆子，这棵豆子一个劲儿地长得象入云霄直达天堂。杰克顺着豆杆爬上去发现了一个新奇的世界。赫胥黎把进化论比作这棵神奇的豆子。他相信，进化论已提供了一种研究组织演变的基本方法，认为这种方法是普遍有效的，甚至可以从中推出伦理学的准则。赫胥黎是远见卓识的。在3·5节讨论中我们分析了耗散结构理论和当代系统论研究组织起源的基本思路，它们虽然应用了复杂的数学

推导和定量研究，从方法论上看，他们和古典进化论大同小异*。然而一个十分重要的问题却被赫胥黎忽略了过去，这就是他所讲的杰克豆杆本身！豆子为什么可以从一棵种子开始发芽生长，直到开花结果？我们知道，组织常常有一个奇妙的性质：它会生长！细胞长大并产生分化，生物从受精卵变为胚胎，又从胚胎发育成复杂的机体，社会组织从简单到复杂。生长不仅意味着组织系统量的变化，更重要的是内部子系统增多，关系日益复杂和组织规模的扩大，其各种功能的日益复杂完善！为什么有的组织系统会生长？为什么生长总是意味着从简单到复杂？这是一个十分迷人的问题。众所周知，进化论已经建立一百多年了，但是生命组织的成长至今还是一个谜。正如1972年诺贝尔医学和生理学奖获得者Gerald·M·Edeman所说："现在已有了适当的遗传学和进化理论，但是至今还没有适当的发育理论。"

也就是说，组织的生长发育和进化机制是完全不同的，如果说进化论和当代系统论和耗散结构理论已经提供了组织起源的机制，但仍解释不了组织

* 例如美国经济学家和社会学家K·布尔丁在六十年代曾出版《有机体的进化》一书，把进化论的方法引入社会发展研究。他把"变异""适应""选择"和"生境"等概念加以推广，认为它们能说明社会演变的历程。

的生长发育。在组织起源和进化的过程中，从非组织状态到组织状态是一个准随机过程（我们曾将其比作在漩落作用下落入势函数洼的过程），但组织生长发育却不是随机过程，当生长条件具备时，它是很确定的！因此，仅仅了解进化和组织起源，只解决了问题的一半，生长、发育是有组织的整体演变方式的重要部分！那么能不能从功能耦合系统出发推出生长过程的一般模式呢？我认为，虽然生命系统发育的细节尚不清楚，但是，从方法论上揭示生长所遵循的最一般的机制是有可能的。在前几章我们已将一切组织概括为功能耦合系统，提出它都有维生结构和内稳态，这些概念正是一根神奇的杰克的豆杆，只要我们顺着这条思路勇敢地贯彻到底，就有可能从方法论上洞察形形色色生长过程的秘密，而对组织理论作出重要的贡献。

先从一个例子讲起。蝴蝶和蛾类翅膀上五颜六色的图案一直是生物学家注意的对象。人们早就知道，蝴蝶大约有十万种不同的花纹，它们在使蝴蝶适应环境方面有着重要功能（大多是防止天敌侵犯的保护色）。近几年来，科学家研究了图案形成的机制。令人惊异的是，这一切居然是从发现蝴蝶翅膀图案和圆锥曲线存在某些意想不到的关系开始的。从图 4.1 我们可以看到蝴蝶翅膀上的图案和圆

锥曲线有着奇妙的联系。比如图4.1A中，翅膀中的花纹呈圆形，它正好是用一个平行于圆锥底平面的平面切割圆锥得到的结果。当切割圆锥的平面不平行于底平面时，我们得到椭圆，椭圆也是在蝴蝶翅

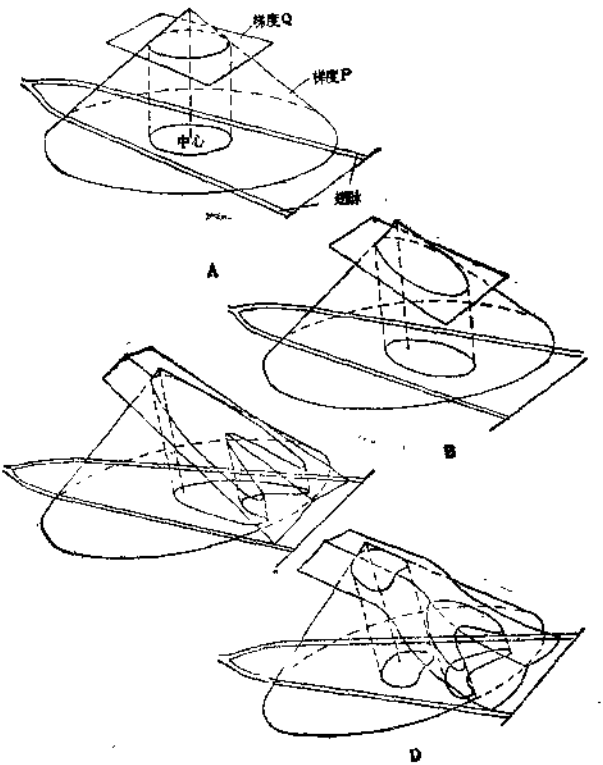


图4·1①

①H·Frederik Nijhout: 《蝴蝶和蛾类翅膀的彩色图案》，《科学》1982年第3期，第56—66页。

膀中常见的图案。当用图C所示的折叠面切割圆锥时，我们得到新月型图形，将这个图案投影到底平面上，就可看到另一种常见的花纹。同理，当切割圆锥的叠面变成曲面（图D），我们将得到更为复杂的蝴蝶翅膀上的花纹……。

蝴蝶翅膀上的花纹居然可以用不同曲面切割圆锥得到，这一事实使生物学家深感震惊。每当人们找到现象之间某些意想不到的数学联系时，往往已经到达发现其本质的门槛。早在两千多年前，古希腊哲学家就通过切割圆锥知道了圆锥曲线的基本性质，当十六世纪的天文学家们一旦了解天体运动轨道就是不同类型的圆锥曲线时，它意味着有可能用统一的理论来阐明天体运行轨道。那么发现蝴蝶翅膀图案和切割圆锥得到的曲线有关，是不是同样意味着我们可以理解这些图案形成的机制呢？科学家正是这样做的。

关键的一步是阐明圆锥的意义。生物学家早就知道，图案的形状取决于色素的分布，而色素往往在存在某种特殊化学物质时才能有效合成，那么，是不是可以把圆锥理解为这种化学物质的浓度梯变呢？生物学家构想了如下一个模型：某种促使色素产生的特殊的化学物质从某一个中心细胞（它正好处于圆锥顶端位置）分泌出来，这种物质均匀地向

四周扩散，那么这个圆锥实际上是表示在蝴蝶翅膀上中心细胞周围各点的浓度逐渐减少的趋势。而用图4.1A中平行底平面的平面切割圆锥，实际上正好意味着在某一个确定的浓度范围之内，色素才合成，一旦这种化学物质低于这个浓度（用图表示就是这个切平面上下面区域）就形不成色素。这样只要这种促使色素合成的特殊化学物质浓度扩散是均匀的，那么一定会形成圆形图案。同样图4.1 B、C、D则意味着色素合成不是直接取决于临界浓度，而是浓度的线性或非线性函数，或者表示扩散不是均匀的，或者表示几个扩散中的互相作用。这确实是一个十分简单的机制。

今天生物学家虽然还不知道这些图案生成的具体化学过程，但上述机制却在很大程度上得到证实。首先，蝴蝶翅膀图案的形成过程中，确实存在着一个中心细胞，它担负着分泌某种控制色素合成的化学物质的作用。早在三十年代，哥廷根大学Alfred Kühn和Melitta von Engelhard做了一系列实验，他们对地中海地区的大斑粉螟翅膀的图案中心细胞进行了烧灼，发现只要将中心细胞杀死，彩色图案就不再形成。这个实验后来又在其它蝴蝶中重复了多次，证明由中心细胞分泌某种化学物质来控制图案形成的机制是存在的。

表面上看，这个例子仅仅是关于蝴蝶翅膀花纹的小问题，它和组织生长发育的一般机制无多大关系。但是，可以先从这个具体例子出发总结生长过程必须具备的条件，然后再通过这些条件分析发现生长发育的一般模型。从方法论上看，这个例子证明，蝴蝶翅膀花纹形成过程需要两个前提。首先生长是一个需要某种条件引发的过程。比如色素合成取决于某种特殊物质，某种特殊物质的存在可以引发一种过程，这一点看来并无特异之处。然而，机制另一方面是人们常常视而不见的，这就是这个控制色素合成的物质源源不断地从中心细胞分泌出来，向四周扩散。图案的形成取决于浓度梯度的确定性。而这是很难的，它要求这种控制色素合成的物质分泌是一种稳态！

第三章已说明了组织系统是生存于大量内外干扰之中的。我们可以问，如果中心细胞分泌这种控制色素形成的化学物质浓度不是内稳态，那会造成什么后果？随着中心细胞分泌化学物质浓度由于干扰是无规则的变化，图4.1中那种代表浓度稳定扩散的圆锥就不复存在，因而蝴蝶中各点色素出现是乱七八糟的，根本形不成确定的图案。如果蝴蝶某一种图案都是适应于某一种特定环境的，那么这种花纹乱七八糟的蝴蝶的命运只可能是灭亡。在这个

例子中，某种化学物质的分泌仅仅担负着色素合成的功能，如果它们的功能更为复杂，比如是促使细胞的分化形成某种特定的器官，而浓度梯度控制着器官的形状，那么稳态的破坏带来的后果更为严重，它不再是图案没有确定的形状，而是发育出来的器官是畸形的，甚至根本不能形成器官，那么建立在这种特殊器官之上的功能也就不复存在了。

这个例子暗示我们，生长过程似乎和内稳态有着内在联系。第一，一个低层次的内稳态可以控制和激发一个确定性过程（如化学物质控制一定图案和器官的生存）。第二，从另一个层次看来，生长形成的东西似乎也是内稳态。因为从维持生存的角度分析，生物特定性状、形态都是维持种群生存的维生结构的内稳态。这就要问，生长是不是和某种从一个层次的内稳态达到另一个层次的内稳态的过程有关呢？从三十年代坎农发现组织系统的内稳态以后，控制论系统论又进一步指出了组织系统维持内稳态的机制和内稳态形成的条件有关。我们在第三章提出任何组织系统都有维生结构，组织系统功能耦合本身必须是维生结构的内稳态。现在我们可以进一步想象，内稳态也许不仅对于维持生存是重要的，而且参与了生长过程，是组织生长过程的基础。

4-2 内稳态对生长的意义

我们从蝴蝶翅膀图案形成中得到的启发有没有普遍意义呢？自然界的组织系统是这样千姿百态，生命组织，生态组织一直到社会组织，它们的结构，在自然界的位置以及层次都是不同的。然而我们却发现，虽然这些组织生长具体过程毫不相同，却都有一个共同点，这就是任何组织生长都必须以某种稳态存在作为前提。

我们先来看一下生态组织。图4.2是 Wyt ham 森林中生态系统的部分。方框中每一个子系统代表了某一种群，箭头主要代表了食物链。这些箭头仅仅是这些子系统功能耦合网的一小部分。因为功能耦合不仅代表一个子系统为另一个子系统提供食物，还代表一些物种（比如树林）为另一种物种提供适当的环境（生境），提供保护，甚至包括物种之间互相调节作用，总之它是一切子系统之间所有各种相互关系的总和。它是比图4.2更为复杂的一个功能耦合网。现在我们问，这样复杂的生态组织是怎样形成的？

我们可以假定起初这是一个不毛之地，或者只

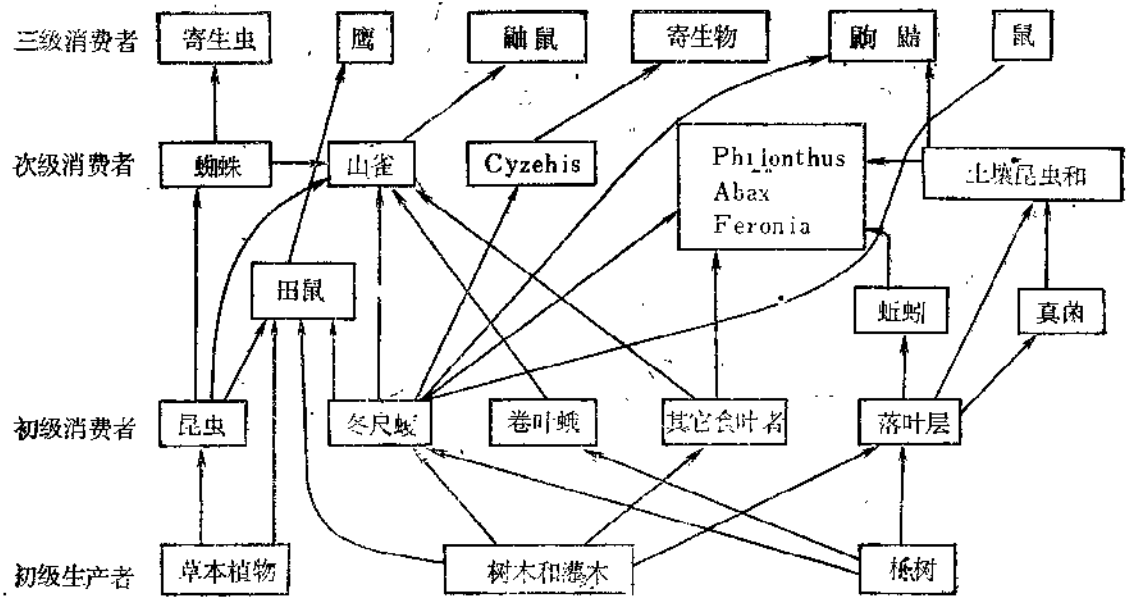


图4.2 由Eltou、Varley等人研究发现的在Wyt ham森林群落中的生态组织。
〔美〕Peter W·Price，《昆虫生态学》，人民教育出版社，1981年版，第49页。

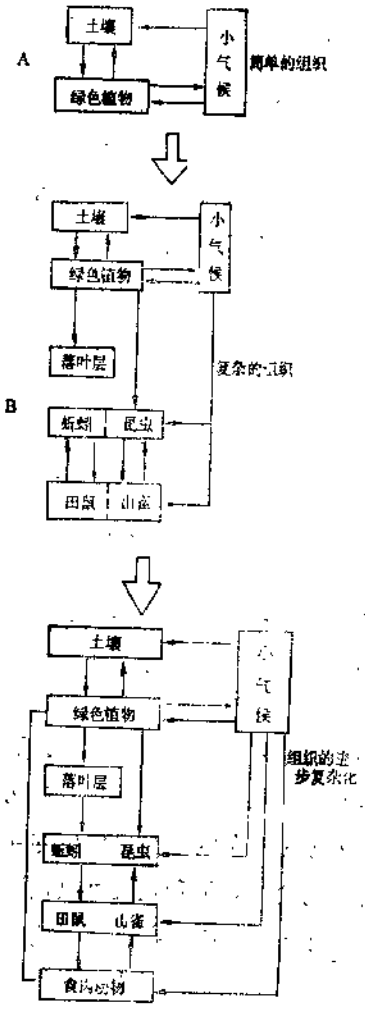


图4.3

是地表上有一层薄薄的苔藓，但这里气候适度，雨量充足。显然这时此地的生态组织是简单而原始的，昆虫和其它物种在这里找不到足够的食物，由于缺少植被保护，水土流失也是经常发生的。因此无论从土壤的有机质，到植被本身都处于一种不稳定状态。一场大雨，一次干旱，都可能使整个系统各个部分发生巨大的变化。这里生态平衡很差，自然条件反复无常，不存在很多生物种群生存的条件。

可以肯定，一开始必须形成图4.3A那样较为简单的功能耦合网，土壤必须厚到一定程度，从至于充分满足青草、灌木和乔木的生长，而郁郁葱葱的草原森林不仅可以对水土流失起到保护作用，甚至可以在局部形成一种小气候，对降水量的稳定有一定的调节。也就是说，只有形成A这样一个简单的组织后，在充分的功能耦合中，三个子系统的一些有关变量都成为某种内稳态后，第一批昆虫和食草动物才会迁居这里。昆虫和食草动物的来临和繁殖肯定对原来的内稳态构成某种扰动，但是只要干扰不至于大到破坏A的内稳定性（比如铺天盖地而来的蝗虫把绿色植物吃光而使系统A瓦解），虽然昆虫和食草动物消耗掉一定数量的绿色植物，但绿色植物的数量仍可保持在一个稳定不变的状态（内稳态应具有受外来影响时调整自己以继续保持稳定的能力）。

由于系统A仍是内稳定的，这时它将持续提供各式各样稳定的条件，除昆虫和食草动物的食物外，厚厚的落叶层为蚯蚓和真菌的生存提供生存环境，这样以昆虫和蚯蚓为食的鼠类和雀类可以在这里定居了。我们发现，在A的内稳态基础上又建立起一个新的功能耦合系统，它们是由昆虫、鼠类、雀类等新的子系统组成的。新的子系统形成了新的

功能耦合网，这时整个生态组织已由A变为B，B比A大大复杂化了，不仅子系统增多，而且由子新的功能耦合网的形成，可以形成新的内稳态。例如在新的功能耦合网中，新的种群形成互相调节的关系，使得昆虫、鼠类、雀类、蜥蜴的数目成为内稳态。这些新的内稳态是原组织A所没有的。这些新的内稳态的出现，为鹰、狼等食肉兽迁入这个地区提供了条件，而在A没有生长成B之前，这是不可能的。然而过程并没有到此完结，新的种群迁入又形成新的功能耦合网。这样生态组织不断复杂化，一直发展到生态学家在Wytham森林群落中发现的各个子系统的功能耦合如同珠网一样纵横交错眼花缭乱的状态。从这个例子我们可以看到，组织生长实际上是这样一个过程：

内稳态⟶新的功能耦合网⟶新的内稳态⟶进一步建立功能耦合网……

这个例子确实颇为形象，它可以为我们抽象出组织系统生长的共同机制提供直观图象。本来组织系统都是功能耦合系统，因此，组织的生长意味着功能耦合网的自动扩张（在原有的功能耦合网基础上不断形成新的功能耦合网）。仅仅这样理解，我们很难概括出功能耦合系统自动扩张的机制。但我们在第三章已证明一个基本定理：任何组织系统

都有维生结构，并且生长过程中和生长成的组织一定也是稳定的。因此，任何功能耦合网的上述扩张必定同时意味着维生结构的生长。一旦从维生结构自动扩张角度来研究生长，那么问题可以大大简化。因为维生结构的性质相当单纯，它只涉及新的稳态能否不断形成的问题。

我们在4.1节已说明，生长过程第一步是从原有功能耦合网的稳态开始的，这个稳态可以引发一个过程。当有某种基础的维生结构的稳态可以引发一个过程，而这个过程又刚好能形成一个新的功能耦合网时，那么新形成的功能耦合网就可以形成新的内稳态。我们在3.2节中已证明，只要新形成的功能耦合系统满足适当条件（它是稳定的），就会造成新的稳态，如果这些新的稳态又能引发新的功能耦合网，那么这个过程就自动进行下去。作为维生结构的功能耦合网越来越大，这就是生长。因此我们可以把生长过程表示为图4.4，方框表示一个组织（或者它的维生结构），它是由子系统功能耦合而成的，它将提供一系列稳态。而组织的生长可以看作在这些稳态条件下形成新的功能耦合网的过程。

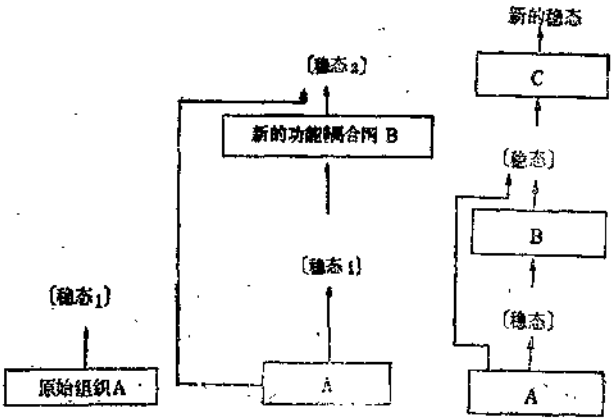


图4.4 组织生长过程

4-3 货币的起源和神经系统的发育

如果我们的概括是正确的，它必定可以在各个领域中得到证实。我发现，它确实能说明一些目前耗散结构理论和组织进化理论不能说明的问题。但在实际应用时，首先，我们必须严格区分组织生长和组织从无序中发生这两种不同的过程。在生命系统中，两者存在着明显的差异。但在社会组织演变中，人们常常将两者混为一谈。一般说来，组织从无序中发生是一个准随机过程，而且由无序转向有序经过的中间状态一般不是稳态。（我们在6.6节

“无组织力量和熵增加的异同”中还要讨论这个问题。）只要回忆一下3.5节，系统中代表无组织的注转到代表组织的注往往要经过不稳定态，这一点便清楚了。但是，如果组织复杂程度的增加过程自始至终都是稳态，这就是一个组织生长问题。这样，在社会处于稳定时期，社会组织的复杂化大多是属于组织生长问题，而不是起源问题。原因不难理解，社会是由人与人之间关系和人与物之间关系组成的一张巨网。这个功能耦合网逐步复杂化，新的关系网的确立需要一系列条件，而在社会稳定时期这些内稳定性则又依赖于原有功能耦合网。

在社会科学研究中，人们常常发现，一些较为复杂的组织是从简单组织演化来的，演化的中间环节常常是稳定的，一意确定的。这时组织起源就很难用耗散结构理论和进化论来解释。商品经济起源和发展就是明显的例子。商品经济的增长意味着建立市场，企业形成发达的分工，以及由分工和交换组成的耦合网在地域上和性质上的扩大。

它首先需要社会的稳定作为基本条件。在自给自足的乡村社会中，商品经济从起源到发展是一个近于连续的稳定过程。首先是安定的社会条件（这意味着社会秩序是稳态）使集市和物物交换有了可能。物物交换意味着出现某些不同产品生产者的耦

合，在耦合中出现了作为等价物的货币。货币的发明和稳定更进一步促进交换和分工耦合网的扩大，最后形成巨大的商品经济供求系统耦合网。这里每一个中间态都是稳定的。商品经济的扩展在任何一个稳定社会中都是一种近乎确定的过程。它属于组织的生长。因此，我们可以运用前一节所讲的生长模型来说明其机制。非常有趣，利用上一节的模型可以非常清楚地解释货币是怎样起源的。

显然发明货币是市场经济组织起源的关键。但人类为什么会发明货币？这既不可能是一个突变，也不可能想象是经过选择而进化的过程。实际上，货币的发明正是通过功能耦合导致稳态⟶稳态促进功能耦合扩大⟶……这样一个组织生长链。在货币发明以前，以物易物造成的耦合的规模是很小的，分工也不可能完善，因为只要分工稍为复杂一些或交换物品多到一定程度，就会经常出现交换者供求不能互相耦合的情况。比如一个渔夫将剩余的鱼拿到集市中想换一件衣服，而一个裁缝手中有衣服，但却想用衣服换谷物，农民拿来了谷物，但却需要锄头，锄头只有铁匠铺里有，但铁匠坚持只有鱼才能换一把锄头。如果进行以物易物，虽然这四个人在总体上都看到对方手中有他们想换的东西，但任何两个人都不能成交，因为任何两个人的

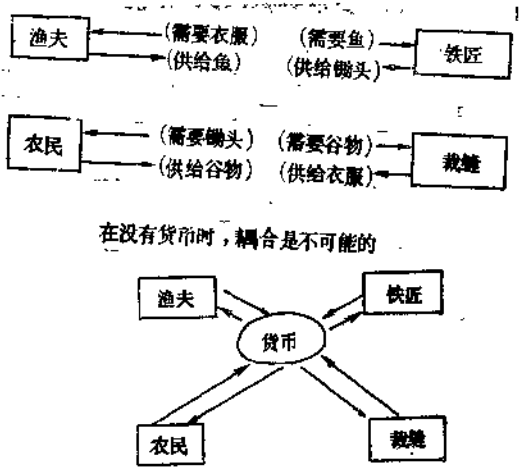


图4.5

需求和供给都不能耦合起来。这样，进一步扩展商品经济形成更复杂的分工是不可能的。

那么怎么才能使买方和卖方能顺利耦合呢？唯一的办法是让他们共同承认一种有价值的东西。但东西的价值只有在交换中才能表现出来，如果一种东西从来不进入交换，它便不可能被人们认为是有确定价值的。这里问题的关键在于买方和卖方顺利耦合需要某些东西的交换比简单的交换更为稳定。只有这样人们才会认为它们是有价值的东西。也就是说商品经济进一步成长的条件之一正是依赖于在

物物交换这种耦合中产生出某个新的内稳态。我们知道，随着以物易物的经常进行（局部耦合），这种局部耦合会使得某些物品（如贵金属，贝壳等）和别的东西的交换先成为稳态（它们为什么先成为稳态，可以从交换条件来推知），它们就被人们认为是有固定价值的东西，它可以和任何一种别的东西进行交换，这样货币就发明了。货币一旦发明，任何两个不同分工的劳动者和企业都可以通过市场耦合起来，也就是说，货币作为稳态的出现造就了新的耦合（图4.5）。这些新的功能耦合也可造就很多新的稳态，如新的专业化产品供应、信用系统等。商品经济一天比一天完善，规模也日益增大。除经济结构外，政治体制的建设，以至整个社会结构网的生长都是这样。当然，生长过程中，形成怎样的功能耦合网和它基于哪些稳态有关。它们展开的条件和速度在不同组织内部是不一样。

但是，功能耦合网的生长必然通过如图4.4所示的过程，只要新出现的功能耦合网不再形成新的内稳态，那么功能耦合网进一步扩大也就不可能。当生长过程中某一层次内稳态破坏，生长过程也就必然停止了，这一点我们将在第五章讨论。当然，在社会稳定时期，并非一切社会组织的变化都属于组织生长而不是组织发生，我们必须对具体问题作

具体分析。

在组织系统生长之中，最令人感到神秘莫测的是生命系统的生长。在蝴蝶翅膀的图案生长的例子中，我们虽然看到了某种特殊细胞（或物质）的形成依赖于控制这种细胞形成过程的物质的稳态。但是形成细胞仅仅是生长过程中的一个环节，生长还意味着某一类细胞互相联接起来构成特定的器官，它和内稳态有没有关系？我们在有机体的生长发育中是否能同样发现图4.4所示的内稳定→新的功能耦合网……新的稳态这种必要的程序呢？有机体生长过程太复杂了，它不象生态系统和社会组织生长那样易于观察其进程的细节。但近年来，这方面已经开始出现一些突破，它似乎正在证明我们提出生长所遵循的一般程序在方法论上是正确的。

一个重要的例证是胚胎发育中神经系统的形成。神经系统的形成最关键的一步是神经细胞按特定方式形成网络，神经系统发育必定经历如下几步：首先细胞分化形成特定的神经细胞，接着这些细胞根据功能需要用特定的方式联接起来，形成神经组织。至今为止，我们对这个过程的细节所知甚少，然而近年来，关于这方面已获得某些重要进展，它似乎证明我们提出的关于内稳态在促使变量之间建立联系的概括是正确的。首先，不仅发现神

经细胞的形成是受某些物质稳态的控制，而且这些神经细胞形成后，互相联接形成网络过程也取决于某些控制网物质的稳态。

图4.6是一个胚胎的剖面，人们早就知道，正是那处于外胚层和内胚层中间的区域发育成神经系统。科学家通过分析发现，在发育过程中，某种称为N—CAM的物质在这个区域处于不同的稳态。那么是不是N—CAM控制着神经元的联接呢？Gerald·M·Edeman得到一个著名的发现：神经细胞用特定方式互相粘连以形成器官，就取决于这种特殊化学物质N—CAM。图4.7是Thiery根据对神

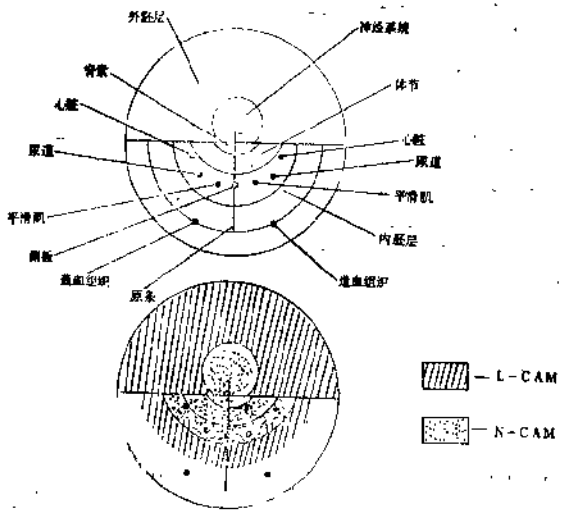


图4.6

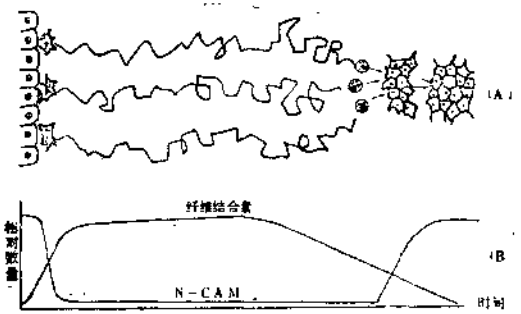


图4.7

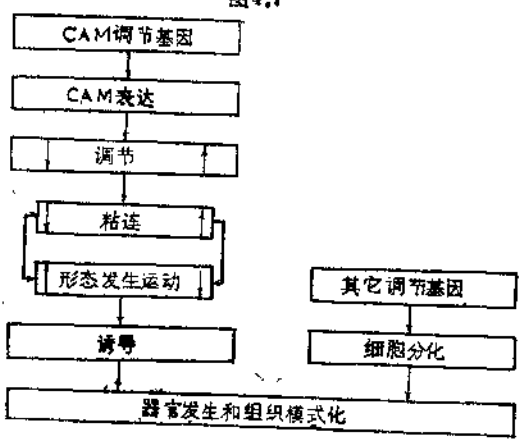


图4.8

Gerald M.Edelman: 《细胞粘连分子：动物形态的分子基础》科学中译本，1984年第8期，第65—67页。

经嵴细胞的研究，发现N—CAM如何控制神经细胞联接的某些机制。在图4.7(A)中，我们可以看到

神经管部位形成特殊的神经细胞，接着这些细胞脱离神经管，经过一番类似布朗运动的过程，慢慢集中在一起，形成神经节（图4.7(A)的右方）。而图4.7(B)则是观察到相对应的CMA和纤维结合素浓度变化曲线。将这两张图对照起来我们就可以发现一个有趣的关联，当N—CAM处于低浓度状态时，神经细胞可以作类似于布朗运动的随机运动，而当N—CAM处于另一个高浓度时，随机运动停止，神经细胞发生联接。而且显而易见，图4.7中N—CAM的两个浓度均是稳态，同样，纤维结合素浓度也有两个稳态，一个代表低浓度，一个代表高浓度，正是这两种物质的稳态控制着神经细胞的状态：作布朗运动还是合在一起发生联接。可以想象，当纤维结合素处于某一个稳态（浓度高），而N—(AM)处于某一个稳态（低浓度）时，这些刚造出来的神经细胞作随机运动。当N—CAM的浓度变到另一个稳态（高浓度），而纤维结合素则处于低浓度时，互相独立的神经元互相联接起来，组成复杂的神经系统。这正如开关一样，N—CAM从一个稳态变到另一个稳态，决定了这些细胞之间是否应联接起来。这是一个稳态控制生长发育极好的例子。

只要阐明细胞联结也取决于稳态，那么整个生

长过程必定就是以“稳态→新的功能耦合→新的稳态……”这种交替程序展开的了。因为细胞联接就是形成某种新的功能耦合，会造就新的稳态。实际上，图4.4所示程序贯穿于生长各个阶段！在胚胎发育过程中，神经系统的形成必须基于某些化学物质的稳定（它最初由DNA控制）。而神经系统形成后，它本身就是生命组织功能耦合网的一部分，在它的调节下，可以产生一系列新的稳态。而胚胎发育完成之后，有机体的进一步成长就不仅取决于DNA的调节，也和神经系统调节下的各种新稳态的形成密切相关了。总之，现在我们虽然不太清楚组织系统生长的细节，但是从宏观的方法论角度看，任何生长过程总是以稳态为基础，生长随着新的稳态建立而继续，当新的稳态不再形成或稳态不足以形成新的功能耦合网时，生长也就随之而停止了。目前，人类对生命系统生长发育具体过程还所知甚少。我们发现，Gerald·M·Edelman在图4.8中所表达的发育机制，和我们用以表示组织生长的框图(4.4)几乎一样。每一个方框表示一个子系统，它本身就是一个功能耦合系统，它提供某些稳态控制下一个系统。生长过程表示在某个起始的组织系统控制下形成另一个新的系统，最后控制器官形态的形成。

4-4 生长作为层次展开：超目的与超因果

我举出了种种事实来证明生长的一般模式，但这仍然只是归纳，只说明了现象。为什么组织生长必须遵循图4.4所示的模式？如果不从理论上阐明其根据，还是没有真正理解生长的机制。图4.4所示的机制中，功能耦合网造就新的内稳态的原理，我已在3.2中分析过。其中的困难是，为什么内稳态会促使形成新的功能耦合网？我再三指出，组织生长和组织从无序中自发产生是不同的，前者是一个一意确定的过程，后者是一个准随机过程，依靠的是稳定性注成为吸引中心。对于前者，关键确实在于稳态如何控制新功能耦合网的建立。正因为这些稳态的控制作用才使生长成为一个确定的建设过程，因此我认为，只有理解了这一环节，才能使我提出的生长过程一般原理具有科学性，才能洞察生长的机制。为了从理论上阐明为什么只有靠稳态才能一意确定地建立功能耦合，我们先来分析一个著名的例子。

维纳在《控制论》一书中曾把一个随机的没有组织的系统比作网丽思的棒球场。“在那里，棒球

棒是火烈鸟；槌球是慢条斯理地伸张着和自顾自地爬动着的刺猬；球门是纸牌上的士兵，他们也会自动爬起来随便活动活动；而棒球规则是性情暴躁，捉摸不定的牌皇后的命令。”① 维纳这个比喻十分妥切，因为任何一个混乱的没有组织的系统，无论是一群分子，还是一些互相冲突的机构，它们之间互相独立，各行其事的状态可以说成是无组织。也就是说，阿丽思和童话中的各个角色不是一个有组织的棒球队，而是没有组织的混乱系统。原因在于：各个子系统没有耦合起来，而是互相独立的。就拿阿丽思打槌球而言，它必须有刺猬(A)，阿丽思(B)，火烈鸟(C)，纸牌士兵(D)四个子系统协调动作才行，即当某一个子系统作出一定输出时，其它一个子系统必须以此为输入而作出(输出)规定的相互动作。比如火烈鸟一旦看到刺猬把身子卷起来作为槌球时，必须把脖子伸直充当槌球棒。也就是说，这五个子系统的输入与输出必须互相耦合起来。然而，现在实际情况是，每个子系统自顾自行动，当刺猬刚把身子卷起来当球时，火烈鸟则抬起头不再充当槌球棒；当阿丽思好不容易将球和槌球棒收拾好，作为球门的纸牌士兵却走开了，在这种条件下发一个球都是困难的，更不用说整个复杂的槌球比赛了。

我们知道，A、B、C、D个个都是有输入与输出的子系统，输入是它们获得的信息，输出是它们的动作。输入与输出是什么关系，取决于每个子系统的内部状态（或结构）。既然它们都有输入与输出，为什么A、B、C、D这四个子系统不能耦合呢？关键在于这四个子系统都不处于稳态。为了对这个问题作深入分析，我们作一个简化的假定，A、B、C、D四个子系统每个内部都有两个状态，一个表示它们愿意充当槌球场的各种角色（记为A_1、B_1、C_1、D_1），另一个状态则意味着它们处于不愿充当槌球场各种角色的状态（记为A_0、B_0、C_0、D_0）。只有A、B、C、D内部状态同时处于A_1、B_1、C_1、D_1时，A、B、C、D四个子系统才能实现输入与输出的耦合。现在这四个子系统内部状态变化是独立的（或者随机的），假定每个子系统愿充当槌球赛角色的概率仅为$\frac{1}{2}$，那么显然，阿丽思能够发一个球的概率只有$\frac{1}{2^4}=\frac{1}{16}$。当然槌球赛是无法进行的了。

显然，只要对A、B、C、D四个子系统进行某种控制，严格使它们处于A_1，B_1，C_1，D_1四个状态，即使干扰使A，B，C，D的状态偏离A_1，B_1，C_1，D_1，也有一种机制使其自动恢复到正常状态，

也就是说，只要 A_1，B_1，C_1，D_1是内稳态时，那么阿丽思的棒球场除了充当角色的成员与平常不同外，它和人们正常的棒球场没有本质差别。一般说来，控制 A_1，B_1，C_1，D_1 为内稳态需要靠一个外来组织者的规定。但是，在阿丽思漫游奇境记中，颁布这些规定的却是一个反复无常的纸牌皇后，皇后的命令以及棒球场的规则都不是内稳态，这样，整个系统当然毫无组织，乱七八糟了。

那么，这样一个混乱的系统真的没有办法组织起来吗？显然不是这样，我们只要先造就一个适当的内稳态：比如制定槌场的规则，并使这个内稳态控制A、B、C、D的内部状态都成为内稳态时，A、B、C、D四个

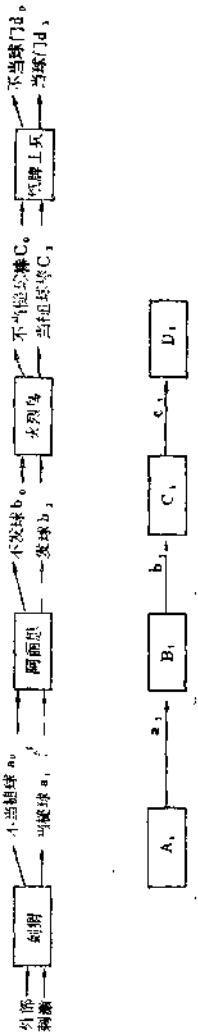


图4.9

不能耦合的子系统就可顺利耦合起来了。非常有趣，中国古代有一个著名的故事“孙子练兵”，讲的正是这种混乱系统怎样组织起来的。当吴王把一群不守纪律的宫女交给孙子去操练的时候，孙子一开始差不多面临着和阿丽思槌球场类似的情况。但孙子首先宣布操练规则，确定每个子系统在什么条件下应该做什么（这实际上是让各个子系统知道它们应处于什么状态才能实行功能耦合），然后用铁的纪律来约束每个子系统，使这些状态成为内稳态，这样当孙子杀了两个不服从指挥的宫女后，整个系统就变成了一个井然有序的军事组织。

上面两个故事虽然简单，但确实操示了内稳态和组织生长过程之间深刻的内在联系。生长是功能耦合网的扩大，它需要更多的子系统耦合起来，而内稳态的作用正在于它可以建立耦合，使原来无关的一些随机变量（或系统）成为一个耦合系统。一个变量成为内稳态，即意味着它不再作随机的变化，而具有确定的值。为什么一个或几个变量由随机的成为确定的，会导致两个变量之间建立起确定的联系，呢？这确实是一个十分重要的哲学问题。在上面两个例子中具有太多人为规定的色彩。现在我们来分析一个科学上的例子：$PV=nRT$这是众所周知的理想气体定理，对于任何一种理想气体，

它的温度、压强、克分子数一定遵循上述公式。但是，我们能不能说，在任何时候，当理想气体温度升高时，体积一定成正比地膨胀呢？显然，不能这么说，问题在于压力P和克分子数n并不确定。当P和n作随机变化时，V和T之间并没有一一对应的关系。但是一旦P和n成为内稳态，它们的值就是固定的，那么理想气体的T和V之间就存在一一对应的正比关系。这里，正是控制P和n使之成为内稳态，才使我们建立起T和V之间的一一对应关系。

但是这和组织建立有什么关系呢？让我们改变一下问题的提法。设想需要制造一架温度自动调节器，它是一个最简单的组织系统。显然，从功能上讲，制造一架温度调节器，是实行如图4.10所示四个变量的耦合：T→V，代表温度测量，即当温度T变化时，另一个用于反映温度的量V要随着变化。V→（V_0—V）表示实际温度值变为温差信号，（V_0—V）→O表示用温差的大小来控制电炉（或发热器），当V_0—V越大时，电炉放热（O）越大。O→T表示电炉放热和升高温度之间的联系。毫无疑问，这四个变量的耦合是用不同仪器来实现的，T→V代表温度计，（V_0—V）→O代表温差控制的电炉，而O→T则是热力学定律的必然结果，所谓设计一个调节器实际上只是用物质手段建立这四个

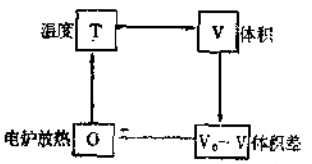


图4.10

变量之间耦合的过程。我们可以证明，用仪器来实现这个组织。表面上看是使用各种器件但实际上它都意味着控制某些变量为内稳态。比如，我们可以用理想气体定律来制造温度计（当然这可能很笨）。这时，我们可以把克分子数固定的稀薄气体密封起来，再用一个装置来维持其压力不变，一旦我们用技术手段做到这一点，只要看一下气体体积量V就知道了温度的高低。因此，制造温度计和控制P、n这两个变量使之成为稳态，完全是同一回事。我们可以证明，上述分析不仅适用于制造各种类型的温度计，而且适用于制造其它任何一架仪器，只要仪器的功能可以表示为在条件C_1下具有功能F_1，或者说仪器的一个变量C_1和另一个变量F_1之间具有一一对应的关系。首先，制造仪器一定要依据一个普通的因果律（它是仪器的原理），它可以表达为：当条件C_1、C_2、C_3……C_N存在时，我们可以观察到功能F_1。当C_2、C_3……C_N为随机变量时，C_1和F_1之间是没有一一对应关系的，而制造仪器无非是控制C_2、C_3…C_N为内稳态。当然，在制造电炉或反映温差装置等等部件，即实行V→（V_0—

V），（V_0—V）→O耦合时，我们要用到较为复杂的原理，但它总只是表示我们需要控制较多的随机变量使之成为内稳态而已，包括焊接导线（使位置成为内稳态）等等。这个例子表示，只要合适地使某些变量成为内稳态，那么这些内稳态就能建立一些新的变量之间的联系，完成某种新的变量之间的功能耦合的。

恒温器是一个太简单的组织（任何最简单的有机体比它都要复杂千百万倍），但我们看到，就是制造恒温器，都需要控制许多变量为内稳态。当存在着外来组织者时，这些内稳态是靠外部来实现的。而在组织生长过程中这些内稳态必须由组织本身来提供。我们在第一章曾证明，功能耦合可以使某些变量成为内稳态。那么一个会生长的组织，它形成新的功能耦合网所必须实现的内稳态，必定是用原有组织中功能耦合网来形成的内稳态。这样，我们可以把生长的机制描述如下，首先是存在着一个基本的功能耦合系统A和B，它的输入和输出是$\{x_1\}$和$\{y_1\}$。由于A和B功能耦合，$\{x_1\}$和$\{y_1\}$集中形成某些内稳态。而这些内稳态建立了另外两组变量$\{x_2\}$和$\{y_2\}$的两种联系：一个是C，它意味着$\{x_2\}\rightarrow\{y_2\}$；另一个是D，它是$\{y_2\}\rightarrow\{x_2\}$。这样，就形成C和D之间新的

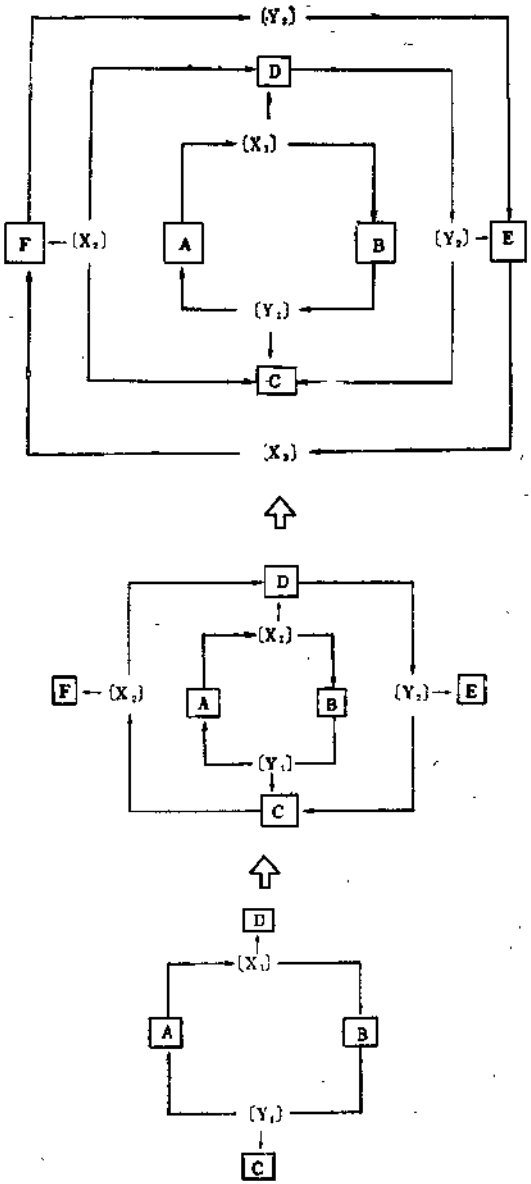


图 4.11组织生长机制示意框图

功能耦合网。而这个新的功能耦合网有了四个内稳态组$\{x_1\}$、$\{y_1\}$、$\{x_2\}$、$\{y_2\}$，它又可建立起另两个变量$\{x_3\}$、$\{y_3\}$之间的耦合（图4.11）。因此，我们就不难理解为什么生长总是遵循“内稳态→新的功能耦合网→新的内稳态……”这种交替进行的程序了。关键在于，形成新的功能耦合网所需要的众多内稳态，需要依次制造出来，而不能一下子在原有的组织中全部具备。因而生长总是一个逐步从简单到复杂的过程。

从方法论上搞清了组织生长的一般机制，我们马上可以理解，为什么只有少数组织才能生长，而一架收音机，一条被砍下的蜥蜴尾巴，海洋中的洋流等等虽然也是功能耦合系统，有的甚至是相当复杂的组织系统，但却不会生长。组织生长有两个必要条件：第一，原有组织提供完备的内稳态，这些内稳态能适当配合，以产生新的功能耦合；第二，功能耦合创造出的新稳态会进一步促成新的功能耦合，即：组织生长内稳态要自动增加，必须通过“内稳态→新的功能耦合网→新内稳态……”这样的一条链。当这条链中断时，或某个组织系统所提供的内稳态虽然很多，但不足以合适地配合起来形成新的功能耦合网以创造新的内稳态时，组织将不会自动走向复杂化。无论是制造恒温器，还是阿丽

思棒球场，或是建立一个具有专门职能的行政机构，不仅需要控制相当多的内稳态，而且建立在这些内稳态基础上的各种变量之间的联系还要恰好能耦合起来，这确实是十分困难而艰巨的工作。至于生命系统中各种因果过程的耦合则复杂到难以想象的地步，有时“万事俱备，只欠东风”，只要是一个内稳态、或者某一个内稳态的控制出现错误，新功能耦合网不仅不能生成，原有的功能耦合系统都会遭到破坏。在生命系统的生长过程中不乏这方面的例子。

在生命系统中，生长过程是受DNA控制的，DNA不仅决定了在生长过程中那些内稳态逐步实现，而且还决定它们什么时候出现，什么时候互相配合。人体在生长过程中，要依靠各种各样的氨基酸来合成蛋白质作为组成有机体的元件。众所周知，人体中存在着如图4.12A所示的一个反应，用食物中的苯丙氨酸来制造人体必需的酪氨酸。这个反应只有在一种特殊的酶的存在下才能进行。而这个特殊酶浓度的稳态是受某个基因控制的。但是在某些近亲血缘关系的婚姻中，常常缺少这个基因，而使这个特定的酶不处于稳态。这样一来，一个副反应发生了，苯丙氨酸和氧反应生成苯丙酮酸，它对人的神经系统有毒害作用，它导致这些人神经功能

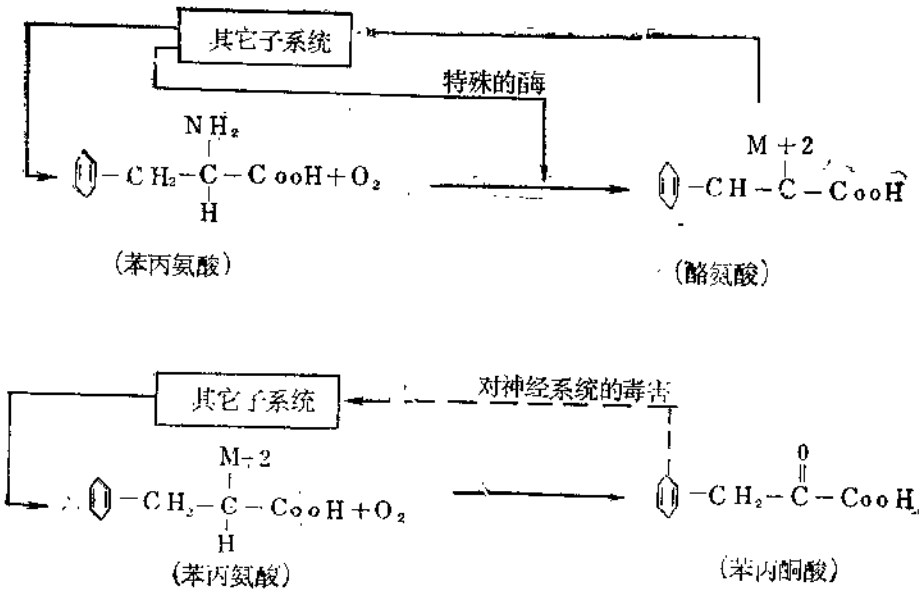
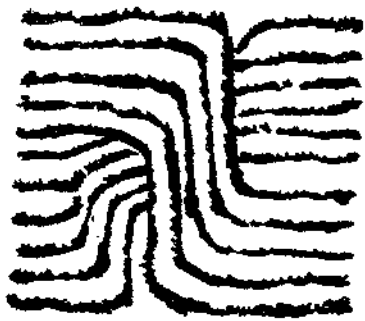

其它子系统
特殊的酶
NH₂
-CH₂-C-CooH+O₂
H
(苯丙氨酸)
M+2
-CH-C-CooH
(酪氨酸)
其它子系统
对神经系统的毒害
M+2
-CH₂-C-CooH+O₂
H
(苯丙氨酸)
O
-CH₂-C-CooH
(苯丙酮酸)

图4.12

失常，患了痴呆症。苯丙氨酸虽然受特殊酶的作用，但只要条件稍有变化，使得这个特殊酶的稳态消失，原有的因果过程变为另一个因果过程，它和整个人体组织不能实行功能耦合，从而损害了整个组织。

长期以来，组织的生长常常被看作奇特的悖论，它肯定不同于广义因果律，但却和因果过程一样，是一意确定的。它肯定不同于一般的目的性，但却包含了原有目的的展开过程。它是一种超因果，超目的的现象。亚里士多德在他著名的“四因说”中专门设立了一种目的因，很大一部分是用来解释有机体的生长过程。近代科学兴起后，目的论虽被抛弃，生长过程却始终是个谜。由于它和因果律的关系不清楚，从十八世纪以来，不少哲学家不得不从“活力”、“有机性”、“隐得来希”等等方面来对它进行解释，更使生长蒙上一层神秘的色彩。现在生长机制中非科学的神秘主义的鬼魂终于可以完全被驱逐出去了。我认为，生长和广义因果律并不矛盾，它正好是一个组织层次的展开，它奇妙地依靠了内稳态和功能耦合之间互相生长的关系。它处于两者之间，它表明一个系统在某些特定条件下，功能耦合会使一些随机变量成为稳态，而稳态可以使自然界潜在的因果性得到实现，它又导致新的稳态……。生长不过是这样一个特殊的稳态形成序列而已。



第五章
组织的
结构、容量和形状

结构稳定性这把金钥匙，正在打开形态发生之谜的黑箱……

——作　者

一切自然都是艺术，你所不知；
一切机会都是方向，你所不见；
一切冲突都是和谐，你所不解；
一切局部的恶，都是普遍的善；
一条真理分明：凡是存在都正确。

——蒲　柏

5-1 组织的层次和结构稳定性

生长机制的探讨使我们涉及到一个重要的问题，这就是组织的层次。子系统的功能耦合可以是多层次的，组织越复杂，耦合的层次往往越多。一个多层次功能耦合系统一定存在相应多层次的维生结构或功能。这样，我们必须考察多层次维生结构的稳定性。

对于多层次的维生结构或功能，仅仅用3.2节自耦合分析来研究稳定性是不够的，自耦合分析只能解决某一个层次的稳定性，在多层次维生功能

中，我们必须考察两个不同层次内稳态之间的关系。有时候，组织每个层次都是稳定的，但层次之间的耦合却可以导致不稳定，这就必须研究组织的结构稳定性问题。

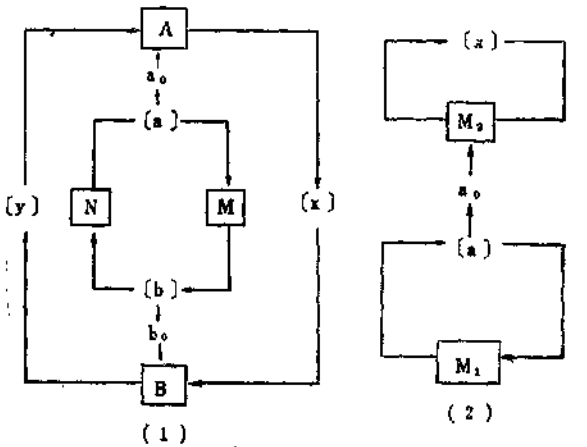


图5.1

图5.1(1)中表示一个最简单的双层次功能耦合系统，我们在4.4节中曾用它说明生长的最简单的模型。A和B表示{x}和{y}之间两种不同的功能函数关系。子系统A和B的功能耦合可以形成{x}和{y}集的内稳态，令其中一个稳态为x_0、y_0，但A、B的功能耦合是建立在另外(另一层次)两个内稳态a_0、b_0基础上的。a_0、b_0的值不变时，才能使A和B的结构(x和y的函数关系)不变。而

a_0、b_0 又是另一个功能耦合系统N和M的内稳态。如何研究这个简单的双层次组织的稳定性？显然，第一步是用蛛网法分别研究，由子系统A、B组成的耦合系统和由子系统M、N组成的耦合系统的稳定性。但这并不够，因为在这个双层次组织中，N和M功能耦合系统的扰动会影响A、B耦合系统。这里特别要重视的是干扰传递的方式，a_0、b_0的微小变化会引起子系统A、B功能耦合方式的改变，从而影响x_0、y_0的稳定性。在A与B的耦合中，x_0、y_0虽是内稳态，但并不能保证当A、B耦合方式发生微小改变时仍为内稳态。我们知道，组织系统的结构处于内外干扰的海洋中，内稳态的意义并不是指某一变量数值绝对不变，而是指系统受到微小干扰时，稳定机制能自动将干扰消除，使系统回到稳态。因而a_0、b_0两个稳态会经常变为$a_0+\Delta a$、$b_0+\Delta b$，那么有一个问题我们必须高度重视，这就是a_0和b_0受到微小干扰时，会不会破坏x_0、y_0这两个内稳态呢？

我们可以证明，在某些条件下，a_0、b_0两个稳态受到微小干扰时，x_0、y_0仍是内稳态，而在某些情况下，虽然子系统A、B的耦合可以使x_0、y_0为内稳态，但只要a_0、b_0两个值稍许偏离稳态，x_0、y_0便不再是稳态。在前一种情况，我们称组织系统

是结构稳定的，后一种情况系统功能耦合稳定性破坏，我们说是结构不稳定的。显而易见，任何一个多层次的维生结构或功能，不仅要求每个层次的功能耦合系统是稳定的，而且要求它是结构稳定的。那么，在什么条件下多层次维生功能结构稳定性会破坏呢？下面我们来作简单的讨论。

我们可以把图5.1(1)那样的双层次维生结构或功能看作图5.1(2)那样的两个互相关联的自耦合系统。令自耦合系统M_1的功能函数为$F_1(a)$，自耦合系统M_2的功能函数为$F_2(x, a)$。这里，a是参数，当a取不同值时，M_2的功能函数是不同的。显然根据3.2节讨论，当功能耦合系统M_1和M_2都是稳定时，M_1的内稳态a_0和M_2的内稳态x_0分别满足如下方程：

$$\begin{cases} a_0 = F_1(a_0) \\ -1 < F_1'(a_0) \leqslant 1 \quad (\text{当} F_1'(a_0) = 1 \text{时，考虑高阶导数}) \end{cases} \tag{5.1.1}$$

$$x_0 = F_2(x_0, a_0)$$

$$1 < \left| \frac{\partial F_2'(x, a_0)}{\partial x} \right|_{x = x_0} \leqslant 1 \tag{5.1.2}$$

$$\left(\text{当} \left| \frac{\partial F_2(x, a_0)}{\partial x} \right|_{x = x_0} = 1 \text{时，考虑高阶导数} \right)$$

现在假定a_0受到干扰，成为$a_0 + \Delta a$，受干扰后x_0不再是内稳态，因为M_2的函数关系变了。显然，只要当Δa充分小时，自耦合系统M_2是稳定的，而

且新的内稳态$x_0+\Delta x$和x_0的差也充分小，整个系统才是结构稳定的。否则，就会出现3.1节一开始所讲的一块小小多米诺骨牌倒塌，引起大楼崩溃的现象。也就是说，结构稳定性的条件是：当$\Delta a\to 0$时，必定有$\Delta x\to 0$。因此只要我们求出Δx和Δa的关系式，就可以判定结构是否稳定。

显然如果当a_0变为$a_0+\Delta a$时，M_2的内稳态变为$x_0+\Delta x$，那么$x_0+\Delta x$必定满足如下方程：

$$x_0+\Delta x=F_2(x_0+\Delta x,\ a_0+\Delta a)$$

$$\left\{-1<\left|\frac{\partial F_2(x,\ a_0+\Delta a)}{\partial x}\right|_{x=x_0+\Delta x}\leqslant 1\right. \qquad (5.1.3)$$

因为Δa为无穷小，Δx值也不太大时，（5.1.3）可以用幂级数展开，即有：

$$x_0+\Delta x=F_2(x_0,\ a_0)+\frac{\partial F_2}{\partial x}\Delta x+\frac{\partial F_2}{\partial a}\Delta a$$

再考虑方程（5.1.2），可以得到

$$\Delta x\doteq\frac{Ka_0}{1-Kx_0}\cdot\Delta a \qquad (5.1.4)$$

其中 $$Kx_0=\left.\frac{\partial F_2(x,\ a)}{\partial x}\right|_{x=x_0}$$

$$Ka_0=\left.\frac{\partial F_2(x,\ a)}{\partial a}\right|_{a=a_0}$$

在一般条件下，$Ka_0\neq 0$，这因为如果$Ka_0=0$，则意味两个层次功能耦合系统是局部不相关的，这当然不符合双层次功能耦合系统的基本前提。这样我们可以得到一个十分重要的结论：

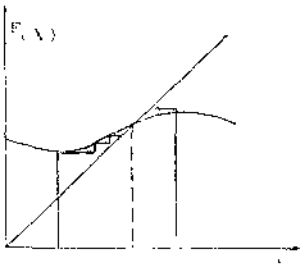


图5.2结构不稳定的内稳态

当$Kx_0=1$时，第一个层次功能耦合系统M_1内稳态微小扰动会引起第二层次功能耦合系统M_2稳态巨大的扰动。这样这个双层次功能耦合系统就是结构不稳定的。

显然，如果功能耦合系统M_2是线性的，那么当它是稳定的时候，必定有$1<Kx_0<1$，因此只要线性自耦合系统本身稳定时，它必定也是结构稳定的。但对于非线性系统，问题就不同了。这时，功能耦合系统M_2可以是稳定的，但不一定是结构稳定的。因为对于非线性系统，当$Kx_0=1$时，x_0是否内稳态要由$F、(x_0)$在x_0点的高阶导数决定。例如图5.2所示的非线性自耦系统。$F(x)$曲线在x_0点的一阶导数为1，但x_0仍可以是内稳态（用蛛网法就可以证明）。为什么线性系统和非线性系统会有这么大的差别呢？关键在于理解$Kx_0=1$的物理意义。

我们先来考察线性自耦合系统。根据3.2节讨论，线性自耦合系统功能函数可以写成：

$$F(x)=Kx+h,$$

当$k=1$时，系统处于随遇平衡中。即任何一个x值都是平衡态，由于随遇平衡没有抗干扰能力，所以随遇平衡不是内稳态。在非线性系统中当$Kx_0=1$时，由于非线性，x_0虽然还可以是内稳态。但在x_0点附近，自耦合系统也是一个准随遇平衡。我们用蛛网法可以证明，在x_0点左右，系统受干扰后要经过充分长时间才能回到稳态，也就是说，$Kx_0=1$意味着这一内稳机制抗干扰能力在x_0点相当微弱。因此，只要功能耦合网本身稍受干扰，这一内稳态就会破坏，可能分裂为两个内稳态或出现其它情况。

组织系统的结构稳定性是一个十分重要的性质，我们知道，绝大多数功能耦合系统都存在几个层次，因此，维生结构或功能都包括两个层次以上的功能耦合网，那些由组织生长而成的复杂功能耦合系统，层次则更多。因此，我们总可以认为，任何一个组织的维生结构或功能不仅是稳定的，而且是结构稳定的。结构稳定性是研究组织理论的金钥匙，依靠它可以得出很多重要的推论。本章我们将从结构稳定性出发，来导出组织系统一些普遍存在但凭直观难以把握的性质。

5-2 结构对容量的限制：为什么生长有极限？

结构稳定性推出的第一个重要结论是：任何一个结构固定的组织生长必定有一个极限。

在当代自然科学和社会科学的研究中，人们普普遍地应用逻辑曲线来研究增长过程。逻辑曲线是人们研究指数增长时发现的。当系统中某一数量的增长速度和这一系统本身的增长速度成正比时，系统就会出现指数增长的现象，例如细菌的繁殖、细胞分裂、科学文献的增加在某一阶段都服从指数规律。但是系统一直按指数增长是不可思议的，根据逻辑推断，任何指数增长到一定程度，其增长速度必定会受到其它种种因素的限制而越变越小，最后增长速度降为零。因此，生长曲线一般都呈 S形，当超过某个量（增长曲线的拐点），增长趋于一个极限。正因为如此，人们也常把增长曲线称为 S曲线或逻辑曲线。

在细菌繁殖等简单例子中，增长的逻辑曲线确实概括了生长的逻辑，因为正是资源的局限最后限制了生长的速度。但是必须指出，S 曲线的应用目前已远远超出人们用一般逻辑对它进行解释的范

围。它几乎被运用于一切组织系统。人们发现，任何具有某种基本结构的组织系统的生长都会碰到极限。但这个极限却不是仅仅用外部资源和增长所需物质条件的限制所能解释的。因为，对于绝大多数复杂的组织，远在外部资源和物质条件构成限制之前，组织早就停止了生长。我们在 4.2 节中曾举出一个生态组织生长的例子，在生态学中称为生态演替。在演替过程中，无论是生物总量还是生物种群的数目都有一个极限（图5·4）。用资源（也就是外

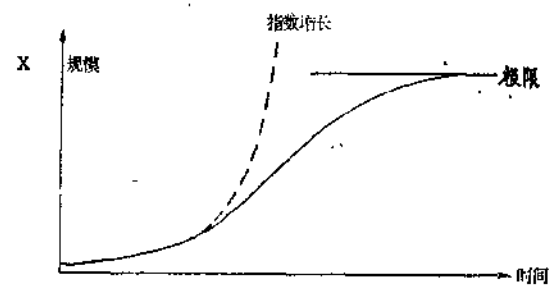


图5.3 逻辑曲线

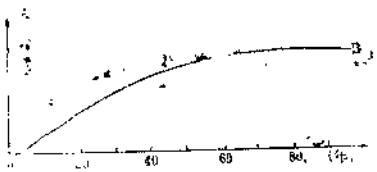


图5.4 在演替中导致森林顶极的趋向，B为总生物量。①

①〔美〕Peter W·Price：《昆虫生态学》人民教育出版社1983年版，第374页。

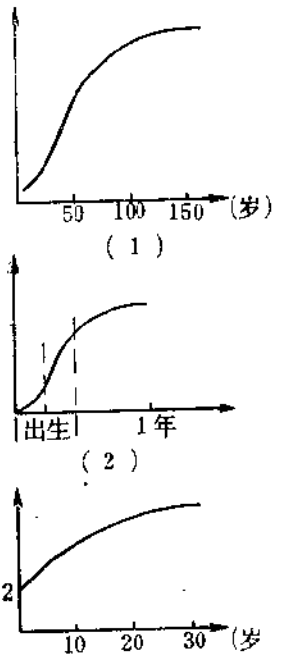


图5.5

界输入生态系的能量流）的限制来解释生物总量增长有一极限已相当勉强，大多数生态组织远在这个极限到达前，增长就停止了，而且系统的复杂性极限更难理解。众所周知，在生物总量不变时，生态系统复杂性的差别可以极为悬殊。一般说来，当生态系统复杂到一定程度，其组织系统就不再进一步复杂化了，是什么构成复杂性的极限呢？又例如南瓜的生长，它也符合S曲线，但这个极限并非营养条件决定的，当南瓜成熟后，我们还可以照样施肥，但这并不意味着南瓜还可以长得更大，这个极限也不是能用其它物理因素的限制来解释的。

组织系统在生长过程中达到极限过程的方式是形形色色、各不相同的。有的组织，只要它活着，就一直在增长。图5·5(1)是橡树生长曲线，非常奇怪

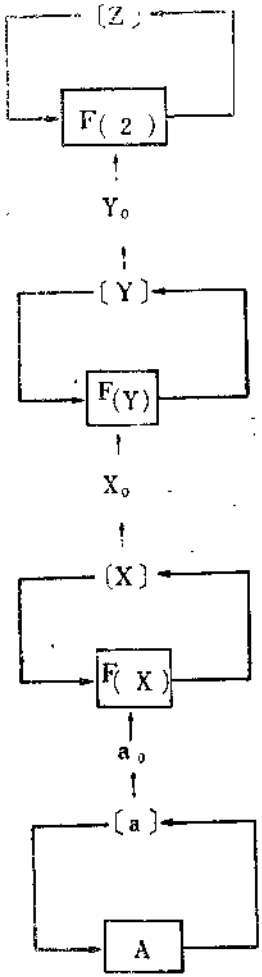


图5.6

的是，橡树在其整个生命存在期间都不停止生长，只不过到它临近寿命极限时，生长速度越来越慢，最后才趋于零。图5·5(2)是哺乳动物在出生前后的增长过程，而图 5·5(3)是它们一生的生长曲线。例如人，25岁以后就不再长高了。显然，不能用资源和物理条件限制来解释这种差别。因此，含含糊糊地用指数增长不可能来解释生长的极限。在大多数情况下它什么也没有说明！因此我们需要一个能揭示机制的理论，它既能指出组织生长的极限，又能说明达到极限的方式。

我认为，利用组织理论能对生长过程的极限提供更为深刻的理解。组织结构稳定性研究可以表

明，为什么在一些复杂组织成长过程中，远在达到资源局限所规定的极限之前，组织生长过程早就停止下来了。我们知道，生长是功能耦合网的扩大，从维生结构或功能角度来分析，它是维生结构或功能层次的展开，即一个基本维生结构的稳态，控制了一个新的维生结构的形成。因此，生长过程高度简化后，看来是如图5·6 所示的维生结构组成的链条。原则上讲，只要条件合适，这个链可以无限增长，组织的功能耦合网可以无限复杂。但实际上，这却是不可能的。关键在于当层次过多时，系统结构稳定性必定破坏。

我们来分析公式（5·14），因为

$\triangle X = -\frac{Ka_0}{1-Kx_0}\triangle a$，这就是说，最基本的结构（生长的起点）所受的干扰会沿着维生结构传遍整个链。在很多情况下$\triangle x > \triangle a$，这因为 $1-Kx_0$ 可能是一个相当大的数值$\left(\frac{1}{1-Kx_0}>1\right)$。因此，当某一个组织系统是一个类似于图（4·5·6）的金字塔式的多层次耦合系统时，处于较低层次的内稳态所受的微小扰动，经过多次放大到达最后层次时，扰动可能变成相当大了。而对于非线性系统，当$\triangle x$过大时，即使最后层次的 $Kx_0<1$，自耦合系统也可能出现稳定性破坏的混乱局面。这时候，建立新

的内稳态已不可能，生长必然停止。也就是说，当功能耦合系统层次复杂性达到一定程度时，结构稳定性会下降，每随着一个新的功能耦合系统生成，必然给组织带来新的干扰的可能性，这样，我们看到一个互相加剧的过程，一方面是结构稳定性在慢慢降低，另一方面是所受到的干扰是在不断增加，因此，必然会到一个极限，有序的增长不再可能了！即使不给于外界资源条件的限制，结构稳定性亦将从内部规定了生长的极限。

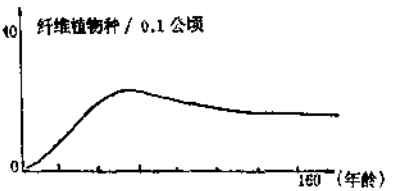


图5.7 纽约长岛上火灾后森林演替中，植物物种多样性（丰富度）的趋势。①

资源和物理因素对生长的限制是不考虑秩序的，而在组织系统中，增长是有序的增长，因此，资源和物理因素的限制，很象仅仅从公路的总面积来计算对汽车的容量。确实，交通的混乱大约是一个形象的比喻，公路的稳定为汽车的增长提供了条件。原则上讲，公路系统每增加一辆汽车，不会使

①〔美〕Peter W Price：《昆虫生态学》，人民教育出版社，1981年版，第409页。

整个交通秩序的稳定性遭到破坏。但可以肯定，远在汽车增加到公路在空间上允许存在的小汽车数这个极限之前，交通混乱就已频繁发生，再增多汽车数量已不可能。我们在4.4节指出，生长过程是两个环节的交替，一是功能耦合系统形成内稳态，二是内稳态产生新的功能耦合系统。因此，从逻辑上分析，这两个环节都能构成生长的极限。结构稳定性的限制考虑了第一个环节。而对于那些形状大小和环境必须高度适应的组织，为了适应生存，生长极限是由第二环节控制的。这样才能使生长保持在一定形态，并使组织结构保持稳定，以适应生存！既然组织结构稳定性没有被破坏，那么停止生长的机制肯定是：所形成的内稳态已不足以造成新的功能耦合网。也就是说组织在其生长程序中规定了生长的极限，即功能耦合网复杂到一定程度，组织已达到预定功能为了保持它结构稳定性不被破坏，新的功能耦合网不再进一步生成，生长是自动停止的。图5.5(2)(3)中所讲的哺乳动物组织生长就属于这一类。极据生长模型，我们可以断定必定存在如下几类达到极限的过程：第一类，生长程序中规定了生长的极限。第二类随着生长超过一定限度，结构稳定性开始减弱，这时生长速度放慢。结构稳定性减弱（最后直至破坏）和生长速度不断减慢是同步

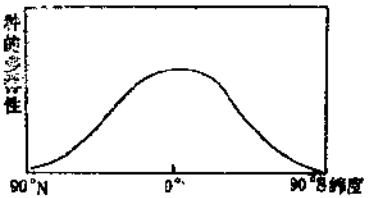


图5.8 从北极（90°N）穿过赤道（0°）到南极（90°S）物种多样性的趋势。①

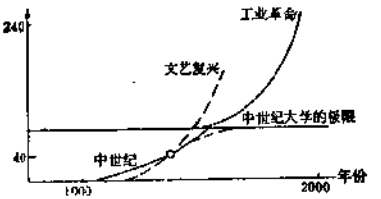


图5.9 欧洲大学的增长曲线②

的。显然橡树生长曲线就属于这一类型。第三类是破坏性的，生长速度不可控制，一下子破坏了结构稳定性，导致组织瓦解。显然癌的生长就是例子。从逻辑上分析结构稳定性和生长速度的关系，必定能推出还存在第四种类型——波动型。对某些组织，完全可能出现如下情况，由于生长速度过快，破坏了结构稳定性，但结构稳定性的局部破坏，导致局部瓦解（即部分新生成的子系统瓦解），待

①(美)Peter W Price：《昆虫生态学》，人民教育出版社，1981年版，第403页。

②刘大椿：《科学增长的计量研究》《自然辩证法通讯》，1985年第6期。

有关部分组织死亡后，原有结构的稳定性又得到恢复。这类组织生长达到极限的过程很特别，它是通过一个波峰才达到生长的最后极限的。这和S曲线完全不同。是否存在这种类型呢？生态学家发现，某些生态组织的生长确实如此，图5.7是纽约长岛火灾后森林演替中，植物物种多样性的变化曲线。它不是一条S曲线，而是一个波峰。

必须指出，我们把生长过程看作图5.6所示的稳态结构链展开，这只是一种象征性的高度简化的说明，而实际过程要复杂得多。一般说来，在生长过程中，每出现一个新的功能耦合网，组织都可能会对生长的基础结构进行某种加固。因为最低层结构的微小干扰会对上层结构产生极大影响，所以组织系统越复杂，在生长过程中就越会不断加固基础结构的稳定性。只要设想一下断电对发达国家和不发达国家的影响，就可以理解加强基础结构的稳定性在生长过程中的重要性。在发达国家中断电带来的干扰比不发达国家断电的干扰大得多，因为在发达国家中，建立在电供给稳态上的组织链很长。正因为如此，发达国家采取各种措施来加固其基础结构，使所受干扰越来越小，稳定性不断增高。只有这样，组织进一步的增长才是可能的。生态的演替是一个十分典型的例子。生态组织的生长最基础的

结构是图4.的土壤保护系统。生态学证明，在生态演替中，随着系统越来越复杂，生态组织对土壤、水份保持能力也越来越高，正因为这个最基础的系统越来越稳定了，生态组织才能进一步复杂化。一般说来，在组织生长过程中，每随着一个新的功能耦合网的生成，都同时会形成加固其基础结构的稳定性的辅助系统。

但是，只要基础结构和生长过程的链的基本结构不变，生长过程中对基础结构的加固亦必定有一个限度。加固一般是一种防干扰机构，当防干扰机构复杂到一定程度，它本身反而会成为干扰源。因而我们还是可以得到组织生长过程的一个基本定律：当组织的基本结构不变时，生长总有一个极限，我们把这个极限称为维生结构的容量。它象一个容器一样，规定着组织生长量的最大限度。

我们可以看到，各种组织都有一因定的容量。生态组织的容量极限就是顶极状态系统的复杂性和生产量。任何一个生态组织生长到最后都会达到这个容量的极限。在不同气候条件下，生态组织的容量大小是不同的。图5.8是从北极 90°N 穿过赤道（0°）到南极（90°S）物种多样性变化曲线。显然，生态组织的容量取决于生态结构。热带生态系统容量最大。在社会组织研究中，容量概念也十分

有用。普赖斯曾统计过大学数量的增加曲线（图5.9）。在这条曲线上也可以看到不同社会结构容量对大学数增长的限制。某一种结构的组织生长达到其容量极限时，要进一步增长，必须改变整个组织结构。

5-3维生结构与突突理论

结构稳定性另一个重要应用就是研究组织演化的方式。我们来讨论一个非线性系统的演化。其功能函数形式是：$F(x)=4\lambda x(1-x)$。λ是参数。现在我们来看λ慢慢变小时，自耦合系统稳定性的变化。假定最初$\lambda=0.7$，我们知道，系统有一个内稳态。当λ慢慢变小，我们看到，系统的内稳态X_0如图5.10所示曲线那样减少。可以证明，当系

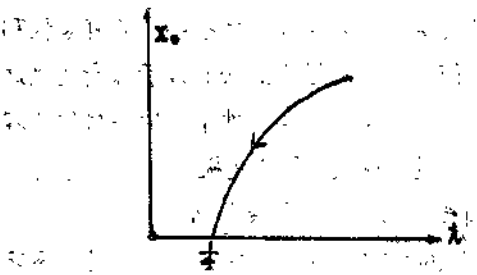


图5.10

统变化是连续的，内稳态在参数连续变化时也发生连续改变，但到某一个极限$\lambda=-\frac{1}{4}$时，系统发生突变，其结构瓦解了！我们可以算一下$\lambda=-\frac{1}{4}$时$F'(x_0)$的值，可以得到$F'(x_0)=1$，也就是说，$\lambda=-\frac{1}{4}$时，正好意味着系统结构稳定性破坏了，即结构稳定性破坏的条件正好是系统突变的条件。我们还可以用同样的方法来研究组织从一个结构向另一个结构的转化，一个自耦合系统的功能函数为：$F(x,\lambda)$。如果当λ小于某一个值时，$F(x,\lambda)=x$有三个解〔例如$F(x,\lambda)=x$是三次方程〕。这三个解中有两个是内稳态，分别是X_{0_1}和X_{0_2}。现在我们假定一开始系统处于X_{0_1}状态，当λ慢慢增加到其极限λc时X_{0_1}内稳态破坏，但$F(x,\lambda c)=x$仍然有一个解，即系统有另外一个内稳态X_{0_2}。于是，当$\lambda=\lambda c$时系统内稳态会突然从X_{0_1}跳到另一个内稳态X_{0_2}中去，也就是说系统结构发生突变。同样我们可以证明，λc正好是原有那个稳态X_{0_1}结构稳定性破坏的条件。总之，运用结构稳定性可以揭示因一个层次内稳态连续变化而导致另一个层次结构突变（或渐变）的机制。

这当然马上令人想到突变理论。实际上，图5.10正好和最简单的突变模型——折线型一模一

样。众所周知，突变理论基本思想是考察势函数的洼怎样随参数变化。假定势函数有许多洼，当参数连续变化时，如果势函数的洼连续移动，系统是渐变。当系统所处的原有的洼消失，系统发生突变，状态跳到一个新洼中去。在突变理论中，必定先假定存在一个势函数$V(x,\lambda)$，系统状态是$V(x,\lambda)$的极小值。突变条件称为突变集，它是满足如下方程的λ值。

$$\begin{cases} \dfrac{\partial V(x,\lambda)}{\partial x}=0 \\ \dfrac{\partial^2 V(x,\lambda)}{\partial x^2}=0 \end{cases} \qquad (5.15)$$

通过简单的计算就可以证明，突变理论所谓的突变集也正好是组织系统结构稳定性破坏的条件！

我们在3.5节曾证明，维生结构保持系统处于内稳态的机制同样可以用势函数趋于极小值来描述。例如对于功能函数为$F(x)$的自耦合系统，我们只要引进如下势函数$V(x)=\frac{1}{2}x^2-\int_0^x F(x)dx$，那么在自耦合系统稳态附近，系统保持稳定的机制都和x值落入势函数洼底等价。例如，对于图5.11(a)的非线性自耦合系统，我们都可以构造一个相应的如图5.11(b)的势函数$V(x)$，使得每个内稳态对应着一个洼。显然，只要将$\frac{x^2}{2}-\int_0^x F(x)dx$作为势

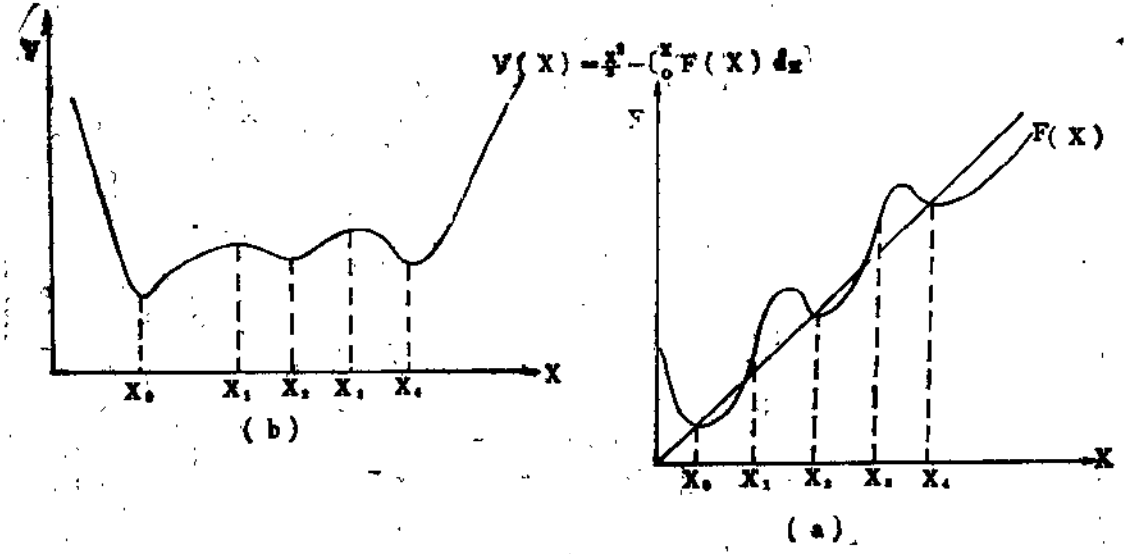


图5.11

函数代入（5.15），我们马上可以推出突变条件是：

$$\begin{cases} x_0 = F(x_0) \\ F'(x_0) = 1 \end{cases}$$

它正好是自耦合系统结构稳定性破坏的条件。

众所周知，结构稳定性是突变理论的基础，也往往是这个理论最抽象深奥的部分。突变理论的结构稳定性是指势函数形状在外来干扰下不变，它的定义和我们前面所讲的结构稳定性似乎不同。因此，将突变理论中结构稳定性和维生结构的结构稳定性作一下对比，我们可以对结构稳定性理解大大深入一步。下面我们来考察突变理论中势函数的结构稳定性。

假定势函数为$V(x,a,b)$，其中a、b是影响势函数的参数。设想我们知道$a=a_0$ $b=b_0$时V的形状。当$a=a_0+\Delta a$，$b=b_0+\Delta b$时，势函数形状会有什么变化？在势函数洼的附近（令洼的坐标为原点）可以将$V(x, a_0+\Delta a, b_0+\Delta b)$用x的幂级数展开，看看这个受扰动的势函数有几个洼。如果势函数洼的数目和原来相同，我们认为势函数没有本理改变，它是结构稳定的。当势函数洼的数目有变化时，意味着原来的稳态消失，系统就不是结构稳定的。可以证明：势函数是否结构稳定，取

决于$V(x,a_0,b_0)$的形状；反过来，当$V(x,a_0,b_0)$是x的二次函数时，势函数一定是结构稳定的，显然，当$V(x,a_0,b_0)=\frac{kx^2}{2}$即势函数曲线为抛物线时，组织系统只有一个稳态$x=0$。因此，在零点附近，当微小干扰对函数关系产生摄动时，函数表达式为：

$$V(x_0,\Delta a,\Delta b)=\frac{kx^2}{2}+\Delta a\left(\sum_i^K J_i x^i\right)+\Delta b\left(\sum_i^K g_i x^i\right)$$

由于x_0在原点附近，则摄动中高次项可以忽略不计，这样摄动后势函数近似为：

$$V(x,\Delta a,\Delta b)=\frac{kx^2}{2}+\Delta a J_i x+\Delta b g_1 x$$

这个势函数也是抛物线，有一个稳态，因此它和原来的函数是同构的，摄动只表示原有稳态作了微小变动。因此，这个系统是结构稳定的。然而如下势函数：$V(x)=\frac{kx^4}{4}$，却是结构不稳定的。因为当a_0、b_0变为$a_0+\Delta a$、$b_0+\Delta b$时，势函数为：

$$V(x)=\frac{kx^4}{2}+\Delta a(J_1x+J_2x^2+J_3x^3)+\Delta b(g_1x+g_2x^2+g_3x^3)$$

这个势函数可能有两个洼，虽然这两个洼都在零点附近，但毕竟有两个洼。这时，系统原有的稳态在受摄动时可以分解为两个稳态和一个不稳定状态。它表示受摄动后，原有的功能耦合关系改变了。因此，这个系统是结构不稳定的。

为什么势函数为二次函数时，其结构必定是稳定的？如果仅仅从突变理论势函数的结构稳定性的意义出发，似乎一下子看不出它的物理意义。让我们先将其变换成相应的自耦合系统。显然 $V(x, a_0, b_0) = \frac{kx^2}{2}$ 相应着如下自耦合系统，其功能函数为：

$$F(x) = (1-k)x \qquad (\text{当} |k| < 1\text{时})$$

这是一个以0为内稳态的线性系统。5.1已经证明，$|k|<1$的线性自耦合系统必定是结构稳定的。同理，为什么 $V(x, a_0, b_0) = \frac{kx^4}{4}$ 是结构不稳定的？如果我们把它还原为结构稳定性第一种表达，其物理意义就再清楚不过了。对于这个势函数，其相应的自耦合系统的功能函数是：

$$F(x) = x - kx^3$$

我们知道它在原点的斜率满足：

$$F'(o) = 1 - 3kx_0^2 = 1$$

也就是说，其相应的自耦合系统功能函数在 0 点的

斜率和对角线重叠。我们在5.1节指出，它意味着使x收敛为x_0的时间是充分长的。即稳定机制很弱。这一下子使我们明白为什么突变集一定满足方程（5.15）。这是因为在这些点，势函数或是拐点，表示洼消失；或虽然有洼，但洼在稳态附近已经十分平坦，这几乎相当于一个随遇平衡！

这样，我们发现并证明了维生结构的稳定性与突变理论的内在联系。我们知道，在突变理论中，函数的结构稳定性是从微分拓扑学方面来定义的。现在我们发现它和组织理论中的结构稳定性殊途同归！这种内在的一致性意义深远。我认为，这使我们对突变理论方法论基础的认识大大深入了一步！

第一个意义是突变理论应用范围的推广。目前，大多数突变理论专家都认为，突变理论的运用范围是有限的。突变理论的基本假定中认为，系统必须有一个势函数，系统稳态是势函数的极小值（或极大值）。然而在遵循微分方程的动态系统中，并不是任何场都有势函数的。特别是当动态系统机制不能用微分方程表示时，突变理论就不能运用。但是现在，只要我们对自耦合系统作一定的限制，只要系统有稳态，那么虽然系统变化遵循蛛网的规迹，虽然它不是连续的，也不服从微分方程，我们总可以把稳定机制变换到势函数趋于极小的机

制。这样，对于非连续的变化也能用突变理论来描述结构稳定性。广而言之，在方法论上可以用势函数分析任何稳定机制（当然是近似的）。

其次，在突变理论中，系统的结构稳定性是基本假定，它的物理意义并不十分清楚，而我们一旦把组织系统看成多层次功能耦合系统，那么结构稳定性的意义是十分明确的，它是子系统各种耦合方式的稳定，也是关系的稳定。这样，我们原则上可以用突变理论中的结构稳定性来分析任何组织系统。

众所周知，突变理论从微分拓扑学证明了一个十分有用的定理，这就是当影响势函数形状的独立参数个数小于4个，而势函数的状态变量数目小于2个时，结构稳定的势函数只有如下7种基本形式：

$$V(x)=\frac{1}{3}x^3+ux \qquad \text{折线型}$$

$$V(x)=\frac{1}{4}x^4+\frac{1}{2}ux^2+Vx \qquad \text{尖点型}$$

$$V(x)=\frac{1}{5}x^5+\frac{1}{3}ux^3+\frac{1}{2}vx^2+wx \qquad \text{燕尾型}$$

$$V(x)=\frac{1}{6}x^6+\frac{1}{4}tx^4+\frac{1}{3}ux^3+\frac{1}{2}vx^2+wx \qquad \text{蝴蝶型}$$

$$V(x,y)=x^3+y^3+wxy-ux-vy \qquad \text{双曲型脐点}$$

$$V(x,y)=x^3-3xy+w(x^2+y^2)-ux-vy \qquad \text{椭圆型脐点}$$

$$V(x,y)=x^2y+\frac{y^4}{4}+tx^2+wy^2+ux-vx \qquad \text{抛物型脐点}$$

这个分类定理是突变理论创始人托姆提出的，证明过程极为复杂。为什么可以这样分类呢？我认为，理解了突变理论和维生结构的关系，就可以透过繁复的数学推导看到分类定理的某种物理意义。

实际上七种突变模型的前四种只是四个在原点结构不稳定势函数 $V=\frac{x^3}{3}$、$V=\frac{x^4}{4}$、$V=\frac{x^5}{5}$、$V=\frac{x^6}{6}$ 在干扰作用下所呈现出的最复杂状态。同样后三种突变也只在原点结构不稳定的曲面在干扰作用下呈现出的最复杂状态。它意味着，决定突变类型的是幂级数中最高次项。如果我们将势函数对应于自耦合系统的功能函数F(x)，那么为什么突变模型往往由参数数目决定，就可以得到清晰的理解。

在4.4节我们曾把生长过程看作维生结构新功能耦合系统形成的过程，它通过一个互为因果过程中某些不确定的参数变为内稳态而形成一个新的自耦合系统。我们来看看功能函数F(x)中次数最高项代表什么？显然，它代表F′(x)和对角线重合的程度，幂级数越高，重合度越高，也就是说在非线性系统中，幂线数最高的项的次数代表平衡态附近互为因果过程的不确定程度。幂级数越高，系统结构稳定性越差，不确定程度也越高，因而也就决定

了它需要更多参数成为内稳态后才能成为一个确定的功能耦合系统。突变理论中的分类定理的核心是参数数目决定了突变模型，相应的结论在组织理论中早已证明。在组织生长过程中，当上述参数不是确定值时，如果某一个新的功能耦合网建立所需的内稳态越多这个系统就越不确定。因此，突变理论的分类定理在组织生长理论看来是很自然的。

总之，我认为，突变理论的基本原理和组织理论存在着深刻的一致。正因为如此，突变理论才会有如此广泛的运用。它不仅可以普遍地说明组织系统演变的方式，而且还适用于说明组织生长。通常人们仅仅从数学上和应用上来探讨突变理论，而说明其哲学的方法论基础却长期被人忽略。一旦我们把突变理论和组织理论联系起来，就可以发现，某一类型结构稳定的势函数代表了某一类结构稳定的组织系统。这样托姆的分类定理不仅使我们能用几何模型来描述当参数发生连续改变时，与此相关的功能耦合系统结构将怎样变化，而且表明当一个层次组织系统发生变化时将怎样影响另一个层次的结构。此外，它还有助于我们理解自然界组织系统奇奇怪怪的形状，它第一次使科学有了一个深刻而美妙的组织形态发生理论。

5-4 形态发生机制

人们从孩子时起就知道，生物和有机体具有固定的形态。两片槐树叶总有相同的构形。任何两个豌豆夹也都是类似的。当事物（特别是组织系统）处于变化之中时，形状变化也往往有固定的规律。氢弹爆炸总是出现蘑菇云，海浪在远处类似于正弦曲线，但它越靠近海岸，波峰总是越来越尖，直至尖到最后碎裂。而有机体在生长发育过程中，形状变化规律性更为明显。“种瓜得瓜，种豆得豆”，只要让某一种植物的种子发芽生长，从发芽到开花结果，形状变化就总有确定的顺序。生物学家常常根据胚胎的形状确定它处于发育的哪个阶段。但是为什么有机体具有一定的形状？为什么海浪会慢慢变尖直至碎裂？为什么组织生长和事物形态的变化遵循着某种规律？这却是一个十分困难的问题。D. A Thompson曾经讲过：“那起伏的海浪，岸边小小的涟漪，那海峡间沙湾连绵的曲线，以及群山的轮廓，甚至云的外观，所有这一切构成了形形色色的形状之谜，正如那层出不穷的形态学问题

一样”。①

组织系统形状之谜是一个古老的谜，古代哲学家曾企图从事物形态分类中寻找自然规律。近代科学兴起后，科学家着重研究世界的因果性，而组织形态问题则长期得不到解决。二十世纪，人类长驱而入到原子时代，我们掌握了基本粒子运动规律。但一直到本世纪五十年代前，组织系统形状发生的机制一直处于黑暗之中。近十几年来，随着形态发生学的进步，特别是托姆提出突变理论后，形态发生之谜才正在慢慢被解开。

我们知道，如果系统各元素完全独立，互相之间一点没有耦合，或者说系统没有组织，那么系统只是一堆元素的集合，作为这个集合的整体，往往是无定形的。均匀的理想气体，其分子间互相作用微弱，它们没有固定的形状。但是，一旦各个元素或子系统互相耦合起来，形成某种组织时，就具有某些确定的形状。一般说来，功能耦合越强，也就是元素的约束（联系）越多，组织化程度越高，形态也就越固定。液体分子间约束比气体强，它虽没有一定的形状，但体积却是固定的，液体表面的约束比内部更多，因而液面的波浪运动可以具有特定

①D·A·W·Thom Pson: on Growth and Form, adridged Cambridge Uhiversity Press 1981.

的形态。粗一看，为了研究某一组织系统的外形，必须搞清楚有关组织系统的一切细节，它的组织机制，这些机制和时间空间参数的关系等等，这似乎是一个艰巨得难以想象的任务。而且，形形色色的组织，其元素和组织机制千差万别，很难想象能找到一个统一的形态发生理论。

然而近年来，突变理论却给出一条独特的思路，企图从数学上导出一些组织系统的拓朴结构。它的原理和方法具有相当的普遍性，因为它是从组织系统的一个本质特性出发的。这就是：任何组织系统都是结构稳定的。为什么从组织的结构稳定性出发可以得到组织形态呢？这是一个十分深奥的问题，我们必须从形态发生的机制讲起。我们知道，严格说来，我们说某一组织有一特定的形状，其准确含义是：这一组织是由不同物质组成的，不同物质之间（组织系统和非组织系统之间）存在着固定的分界面，形状是指这些分界面的确定性。如果有某种组织由一种物质组成，这种物质均匀地充满整个空间，那么说这种组织是什么形状是没有意义的。因此，形态发生研究的目的是阐明这些不同质之间的分界面为什么有这样的构形。图（5.12）是一种组织形状，A代表一种物质，B代表另一种物质，C代表一个空腔，我们总可以如下设想形态发

生的机制：一种过程X_A控制着A物质形成，另一种过程X_B控制着B物质形成。那么要使形成的组织有图（5.12）那样的构形，一个办法是我们先设计好这个过程，使得在平面上不同点进行不同的过程，也就是说，X_A和X_B过程的空间分布也要有图（5.12）的构形。这就如工程师设计机器一样，用预先确定的图纸来制造构形。不同的是，形态发生学要解决最初的构形是哪里来的。通常X_A和X_B过程的分布可能是没有确定构形的，自然界组织的形态发生往往经历一个从无到有，从不确定到确定的过程。在4.1和4.3节中，我们举过蝴蝶翅膀花纹和神经组织形成的例子。在这两个例子中，特殊色素的合成和神经细胞的互相联接都取决于某些特殊的化学物质浓度，由于化学物质在体液中的扩散决定了其浓度分布在某个空间范围内是连续变化的，它并没有分界面，也就是说这些化学构质浓度在生物体内的分布并没有确定的构形，然而它控制形成的组织却有确定的构形。

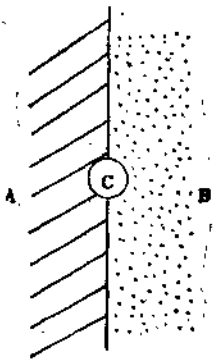
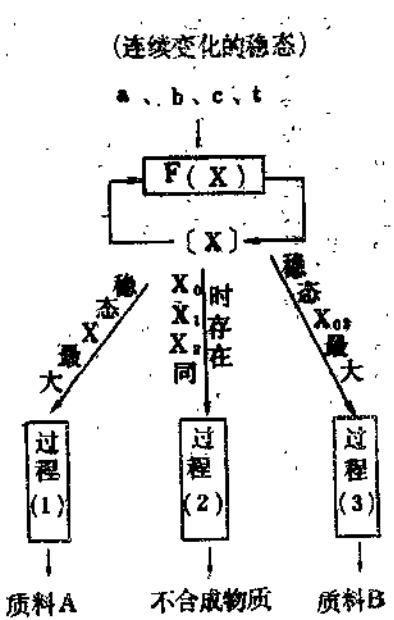


图5.12

这正是形态发生的秘密。因此，形态发生的关

键往往都可以归结到一点：这就是那些没有确定构形而连续分布的参数是怎样创造出一个具有确定分界面的组织系统来。这个过程中的细节，即到底是化学作用还是物理作用，是无关紧要的，重要的是分界面的形状。这时，组织系统的结构稳定性就很重要了。为什么形状和结构稳定性有关呢？关键在于某一参数λ_A合成结构A往往需要通过一个长链$\lambda_A \rightarrow y_A \rightarrow X_A \cdots\cdots \rightarrow A$。这个长链中每一个环节的变量都是处于干扰之中的，$\lambda_A$是内稳态不能保证$y_A$、$X_A$…等都是内稳态。为了这个结构合成长链的实现，$y_A$，$X_A$…等各个环节也必须是某个维生结构的内稳态。这样，参数控制结构生长就和结构稳定性直接有关。因为y_A、X_A…必须是某种内稳态，虽然λ_A在空间上连续分布，但它不能保证y_A、X_A，……在空间上也是连续分布。这样形状必然被组织创造出来！比如，我们考察如图5.13所示的物质合成机制，三个在某一空间连续分布的参数a、b、c和另一个参数t控制着某些合成A、B物质的催化剂（X_0、X_2）和阻化剂（X_1）的合成。假定当t大于临界值，催化剂浓度$X_0 > X_2$时，形成物质A；当t大于临界值，催化剂浓度$X_2 > X_0$时，形成物质c；当阻化剂X_1出现时，合成过程不进行。那么表面上看来，当a、b、c这些参数在空间没有确定分


(连续变化的稳态)
a、b、c、t
F(X)
{X}
稳态X最大
X0 X1 X2同时存在
稳态X0最大
过程(1)
过程(2)
过程(3)
质料A
不合成物质
质料B

连续分布参数
不同的控制作用
某一种物质形成

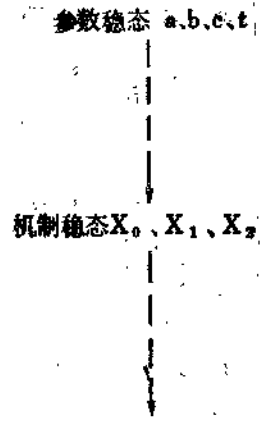

参数稳态 a、b、c、t
机制稳态X0、X1、X2
质料A B

图5.13

界面时，A、B物质也没有分界面。但是，只要整个过程是结构稳定的，即a、b、c，X_0、X_1、X_2都是内稳态，那么从数学上可以证明，只要满足一定条件，A、B物质在整个空间的分布就会形成如图5.12的构形。A和B不仅有一个分界面，而且中间还有一个空腔C。

现在让我们来作简单的数学推导。我们可以认为X_0，X_1，X_2为某一状态变量X的三个内稳态。而参数a、b、c、t代表另一层次四个内稳态，它们在整个空间连续变化，即有a=a(u、v、w)、b=b(u、v、w)、c=c(u、v、w)，u v w为空间的三维座标。根据托姆分类定理，当状态变量维数为1（有三个内稳态），参数为4个时，代表组织系统结构稳定的势函数是蝴蝶型的：即

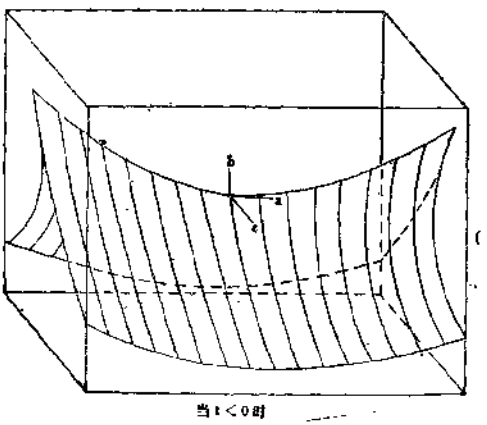
$$V(x)=\frac{x^6}{6}+\frac{1}{4}tx^4+\frac{1}{3}ax^3+\frac{1}{2}bx^2+cx$$

这个势函数的极小值由如下方程决定：

$$V'(x)=x^5+tx^3+ax^2+bx+c=0$$

$$V''(x)=5x^4+3tx^2+2ax+b>0$$

只要作不太复杂的数学推导，我们可以证明，在以a、b、c为座标的空间中，只有在某些特定区域存在$X_0>X_2$，另一些特定区域是$X_2>X_0$，而X_0、X_1、X_2三个稳态同时存在的区域是一个袋状区（图5.14）。



Rehe Thom, Structural Stability and Norphogenesis W.A. Benjamin, inc. Advanced Book Program Reading, Massachusetts, 1975.P70.

图5.14

图5.14(1)是立体图5.14(2)的切面，即当u为不同数值时在v×w参数空间中X_0、X_1、X_2的分布状况。在尖角的二边区域势函数V(x)只有一个极小值，左边是X_0，右边是X_1，而在尖角中的袋形

区势函数有三个极小值，即X_0、X_1、X_2。显然，袋形区不合成A、B物质，将发育成一个空腔。考虑到$X_0>X_2$时合成物质A，$X_2>X_0$时合成物质B这一条件，我们可以得到图5.15(1)，它可以将图5.14(1)每个尖角由顶点作中线得到，中线一边$X_0>X_2$，另一边$X_2>X_0$，这样这些中线在立体图中合成一个具有特定空腔的A、B两种物质的分界

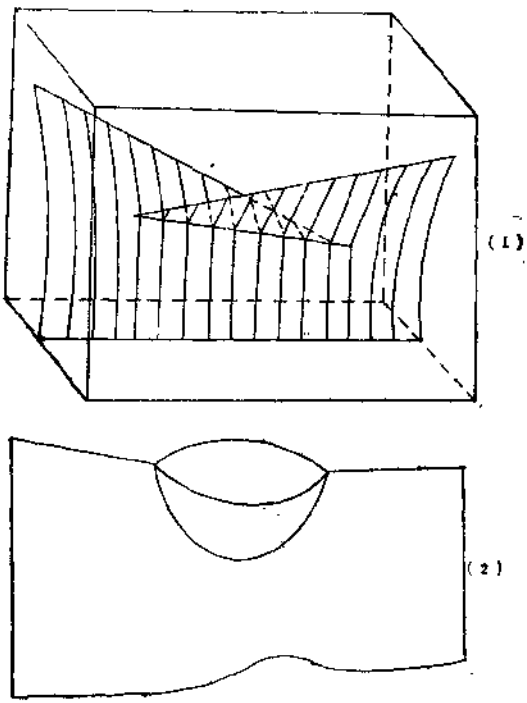


图5.15

面，见图5.15(2)。必须注意，这个空腔只是我们在参数空间a×b×c看到的A、B两种物质合成出现的空间构型。而a、b、c只是化学物质浓度，它们的座标是看不见的。我们在现实空间u×v×w将看到怎样的形状呢？由于a=a（u、v、w）、b=（u、v、w）和c=（u、v、w）这些函数是连续的，这就等于我们将a×b×c空间作连续变换，而在连续变换中，如图5.15空腔柘朴构型不会变化（在数学上讲，变换后图型和原来图型微分同胚！）这样，实际上我们也将看到与图5.15形状类似的组织形态，虽然大小和曲面有某些改变，但仍然是有一个具有空腔的分界面。

显然这些微分同胚的分界面就是突变集，其意义是分界面两边对应着势函数不同的稳态。分界面表示从一个稳态过渡到另一个稳态不是连续的。托姆企图从数学上导出的各式各样的突变集来说明自然界各种自然发生的形态。比如用椭园型脐点突变集说明毛发形状（图5.16）。用抛物型脐点突变集来说明地质学中蘑菇状矿层（图5.17）。当那些连续变化的作为参数的内稳态a、b、c不仅是空间函数而且是时间函数时，托姆就得到了一个形状变化的理论。比如他认为波浪碎裂过程正好是符合双曲型脐点模型的。图5.18(1)为参数w值由负变为正

图5.16

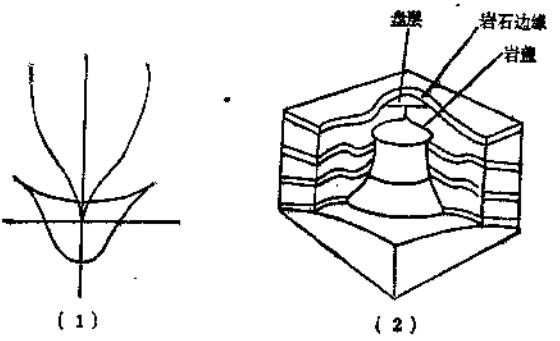
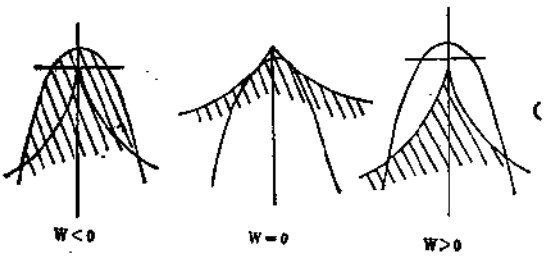


图5.17
地质学中的抛物脐点：蘑菇状矿层

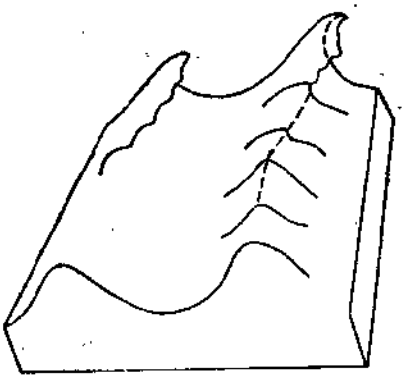
耐突变集的变化，它正好和波浪曲面的突变一模一样〔图5.18(2)〕。

到目前为止，托姆的形态发生理论只在一个组织程度比较低的系统中得到证实，比如地质学中断层形状；力学稳定结构；光学系统的焦散面；闪电形状等等。对于生命系统，可以从突变理论直接推出的形态还非常少，以至于很多生物学家对此抱怀疑态度。我认为，突变理论从组织系统稳态之间的关系，即结构稳定性来推导形态，这从方法论上是



(1)

碎裂波浪的截面



(2)

波浪碎裂立体图

图5.18

深刻的，是人类哲学思想的一次重大飞跃。但目前突变理论还不能推算出生命系统的形态发生，原因可能有两个方面。第一，生命系统所涉及的参数数目和状态变量数目非常之多，当参数数量大于五个时，稳态结构可有无穷多，而且突变集的推导也十

分复杂，它必须依赖计算机和突变理论本身的进一步发展。第二，突变理论只考察了组织系统二个层次稳态之间的关系，即作为参数的那些在空间上连续分布的稳态和状态变量稳态的关系，但在生命组织中，稳态的层次非常之多，决不止两个。可以回忆一下4.4节所举的例子。生物发育生长过程是一个稳态展开序列。一些连续分布参数的稳态控制形成组织的某些初级形态，那形态一旦发生，由于出现了界面，原来的参数和新出现的稳态分布就不是连续的。比如，一个空腔出现后，空腔内部某些质的分布，只在内部是连续的。这也就是说，生物发育必须考虑某些形态发生后对那些连续分布参数的反作用。只有把整个稳态生长长链作为整体，才能符合真实的发育过程。当然，这比目前的突变理论要复杂得多。但是无论如何，突变理论已给我们一个理解形态发生之谜的出发点。将来进一步的探索必将从这里开始。

第六章
老化过程和功能异化

1.任何一个结构固定的组织只要不可能向新的结构转化，那么功能异化必然全部表现为可怕的无组织力量。除非组织系统可以定期清除不断积累起来的无组织力量，老化和死亡将不可避免！

——作　者

2. 整体演化的神秘大部分还在混沌之中。我们在黑暗中，只有凭象与在语中奔跑，并创造着不寻常的东西。然而我们也等待着实证和划时代科学发现的闪电，来照亮进一步前进的道路。

——作　者

制造永动机的失败，使人们意识到热力学定律。然而使我惊奇不已的是：追求长生不老的失败，居然没有使人想到一条与此有关的系统论定律。

——作 者

6-1 从仪器老化原理讲起

一位著名科学家讲过，那些最容易提出的问题往往是最难回答的问题。“老化”就是其中之一。人人都知道，任何一个结构确定的组织系统总会老化，简单的如温度计、收音机和任何一架机器，复杂的如生物体甚至社会，我们经常看到不可抗拒的老化过程。前面几章我们从功能耦合系统的基本性质，推导出了“目的性，稳态，结构稳定性和生长等机制”。那末这理论能不能说明“老化”呢？这是对我们的一个巨大挑战。如果组织系统这个如此

普遍的性质，不能从我们对组织的基本规定中导出，那么我们的理论就有严重的不足。

组织系统老化原因探讨中的困难在于我们很难找到统一的老化机制。催化剂的老化是活性中心中毒或失去活性，机器设备的老化常常是因为磨损，电线焊接处的老化常由于氧化膜的生成。对于这些简单的系统，老化原因是众所周知的，但它们形形色色，似乎没有一个统一的普遍的机制。一个复杂组织系统的老化问题就更难于掌握了。人体衰老机制，科学家已探讨近一百年了。到目前为止，离解决还相差甚远。虽然我们今天已经知道人体内所有过程原则上都可归为生物化学和物理过程，而且对于其中每一个具体的化学和物理过程都不难探讨其老化机制；但是，这成千上万个不同过程组织起来，其综合的老化效应就是一个难解之谜了。社会组织中也经常有老化现象，帕金森定律就是对一个机构逐渐老化，丧失活力的形象描述。但是，对一个机关、一个团体、一个部门的一种职能老化的原因是比较容易讲清楚的。但当我们考虑由许多机构组成的社会时，社会学家往往会不知所措。中国封建社会每隔两三百年出现一次王朝更替，每一个王但，其社会结构都经历了上升、繁荣、老化和最后瓦解的历程。我们在古埃及的王朝，奥斯曼帝国，罗马帝国

后期都同样可以看到老化现象。但是社会结构的老化机制，也如人体老化一样，过程复杂，很难加以统一的概括。

本章，我们企图提出一种统一的“老化”理论。我们发现，对于一个结构确定但又十分复杂的组织系统，特别是那些处于生长之中的功能耦合系统，“老化”是一种必然性结果。导致老化的原因可以从组织系统最基本的结构中逻辑地推导出来。为了做到这一点，我们先分析一些比较简单的组织系统，我们先来看一看那些人造的组织系统，例如仪器老化的原因。

我们知道，任何一架仪器迟早要报废。在4—4节中曾指出：所谓制造一架仪器实际上只是用物质手段实现“仪器原理”，而“仪器原理”则又是一些普遍的广义因果律的复杂组合。仪器的报废是不是“仪器原理”失效了呢？当然不是，仪器原理是基于自然规律之上的。一组自然规律在任何时间都是成立的。老化只是意味着我们原先设计的仪器不再代表“仪器原理”。电灯是根据欧姆定律来设计的，它的放热量W满足如下等式：$W=0.24I^2Rt$，这个公式代表了一个普遍的因果律。只要电流强度I确定，电阻R确定，通电时间t确定，灯丝放出的热量也是确定的。在制造一个灯泡时，我们是通过

控制、实现一系列稳态才使上述普遍因果律得以实现的。众所周知，除了使电压尽可能处于稳态外，最关键的是使电阻成为稳态。根据欧姆定律，电阻和导线截面、长度和材料三个因素有关。为了制造具有一定功率（亮度）的灯泡，必须选择确定的材料，比如钨丝，而且还要使钨丝的长度和粗细成为稳态等等，也就是说，我们通过一系列条件控制（用C_1，C_2，…C_N表示）才实现了仪器原理。

那么，老化又是怎么回事呢？显然，它只是意味着我们在制造仪器时所控制的那一组确定状态C_1，C_2…C_N中有一个或几个在仪器的使用过程中不再成为规定的稳态。比如钨丝在使用中越来越细，最后断裂。这样，我们制造的装置不再代表“仪器原理”了。这个例子虽然简单，但它却揭示了所有仪器老化、失效的原因。首先，它指出，虽然仪器千差万别，但任何仪器的失灵都可以统一地表示成：那些为了实现“仪器原理”（注意，它就是广义因果律）必须控制的确定稳态在仪器使用过程中被慢慢破坏。第二，这些被规定的稳态的破坏之所以不可避免，其原因在于导致其偏离确定值的根源往往和这架仪器的功能（或仪器的某些元件的功能）有关。灯泡中钨丝越用越细正是由于钨丝处于高温状态，钨原子不断蒸发所致。而钨丝

处于高温状态正好是我们设计电灯的目的，是电灯功能所不可缺少的状态。这个功能就使它的老化成为不可避免的事！

当仪器某些内稳态破坏的原因和仪器功能（包括零件的功能）无关时，我们可以说老化是外界作用引起的。那么人们总可以重新设计一架仪器使得这个装置中存在一个调节机制使那些易受外界破坏的稳态保持在确定的稳定值，从而尽力避免那些外界作用。确实，人类在不断改进其仪器设备，使那些易受外界损害的稳态得到保护。仪器可靠性越来越高，寿命也越来越长。然而我们必须正视一个铁的事实，那就是：经过改进的仪器也要老化。寿命总是有限的，只要遵循的原理不加变换，改进总有一个极限。所以，将其它因素排除后，最后还是会遇到问题。稳态在仪器（或其部件）的各种功能作用下总要慢慢破坏。问题的实质是：老化是一种系统内部的过程，外界的影响可以加速它，也可以延缓它，但不能最后排除它。其原因可能是很深刻的，我们必须从系统内部结构来寻找老化的原因。

6-2 浴盆曲线和功能对结构的反作用

我们说，仪器老化是由于其功能对稳态破坏造成的！这个假说粗一看是与常识相悖的，仪器是因果系统的物质实现，它是用自然界的因果关系耦合而成的。自然界广义因果律表示为：当条件C_1，C_2…Cn 成立时（即成为确定的状态时），出现现象E。制造仪器相当于控制 C_1，C_2…Cn 为稳态时，让我们可以看到现象E。实际上当用一架仪器来表达条件C和功能E之间的关系时，功能E亦可能对 C_1，C_2…Cn 有某种反作用。但如果 C_1，C_2…Cn这些稳态中的任一个会在E的反作用下，立即被破坏（或变到其它一个状态），那么，这些因果律的耦合是不能物化为仪器的。因为它构成一个自我破坏的系统，当仪器一工作，马上自我破坏。因此，在仪器设计之中，如果功能对条件有反作用时，一定需设计一个机构使反作用F的结果与条件组合C_1，C_2…Cn 很好地耦合起来，亦即功能为 E

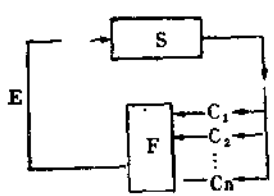


图6.1

时，反作用必需保证E作用的结果也正好是C_1，C_2…Cn，如图6.1所示。

例如，当有氧气存在时电灯的功能会导致钨丝烧断。假定C_1为一定功率灯泡钨丝的粗细度量。在E作用下，如果C_1迅速变为O，这时，我们不得不另外找一个系统比如S（它代表真空），使E通过S和C耦合，那样，C_1的数值就不会改变。如果我们做不到这点，仪器原理虽已掌握，但仪器是制造不出来的。因而任何实际的仪器都如图6.1所示的系统，其功能对条件的反作用已通过另一个系统S，使反作用的结果和C_1，C_2…Cn刚好为功能耦合。既然如此，那么老化又是怎么回事呢？

我们认为，关键在于：当我们用控制条件集C_1，C_2…Cn为稳态而制造一架仪器时，根据因果律，只有一种功能E得以实现，但实际上，除E以外，那些以C_1，C_2…Cn为条件的任何实体往往具备很多其它功能。这正如艾什比在《控制论导论》中所说："任何实物总含有不次于无穷多个变量，因而它也包括了无穷多种可能的系统。"①他曾以单摆这个最简单的实体为例，一个理想的单摆只描述摆长、重力加速度和振动频率之间的确定联系。它是广义因果性。但一个实际的单摆，除长度与

①艾什比：《控制论导论》，科学出版社，1965年版，第41页。

位置外，还有温度、导电率、晶体结构、化学杂质……等等，艾什比举出了几十个变量。这些变量在我们设计单摆这种仪器时必然要带进来的。

艾什比证明实体的复杂性的目的在于指出，定义系统时只能在实体所包含无穷多个变量中选择某些相关度最大的一些变量构成系统。那么，依据同样的理由，仪器组成后，除功能E以外，必定会有许许多多新的功能，它们对条件 C_1，C_2…Cn等都可能有反作用。制造仪器时，需使它们和条件完全耦合起来。但我们能做到这一点吗？当我们用一个新的系统S来完成某一种耦合时，由于S的复杂性，它必然又带来一些新的功能，不能和原有的各种条件集耦合。要使它们耦合，又必须增加一个新的系统S′，又会带进一些不能耦合的功能。如此等等，过程不会完结。也就是说，我们实际上永远做不到完全耦合。于是，这个完善过程必须在某个时候终止。亦即当这种反作用相当微弱时，就不再考虑。换言之，我们只能对那些反作用较大的功能和条件C加以耦合，其余那些未耦合的功能或某一功能的各个方面在一个相当长的时间内不破坏C_1，C_2…Cn等稳态，仪器就已算制造好了。可是，我们不可能估计到那些未和C_1，C_2…Cn耦合的功能长期作用会造成什么后果。

实际上，正是这些未完全耦合的功能（或某一功能的某些方面）造成了老化。真空确实可以保证高温不再由于氧化破坏灯丝的稳态，但真空同时又带来另一种功能，它有利于钨原子从灯丝上的挥发。虽然作用缓慢，对C_1…Cn的影响很小，暂时无害。但它们的长期积累正是灯泡老化的原因。

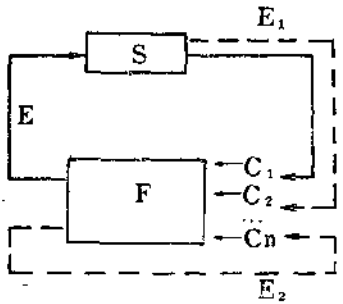


图6.2

因而，实际仪器的结构（或仪器某些零件的结构）不是如图6.1那样，而是如图6.2所示。那些用虚线表示的是F的许多其它功能，它们并没有和C_1，C_2…Cn真正耦合，只是它们的作用很弱而已。这些作用的长期积累必然导致老化，机械在长期运转中的磨损，催化剂在使用中的中毒都是这些不能耦合的多种功能积累性所造成的系统结构的破坏。

一旦我们理解，任何一架仪器由于其功能的复杂性而不能实行完全耦合，那么我们不仅可理解仪

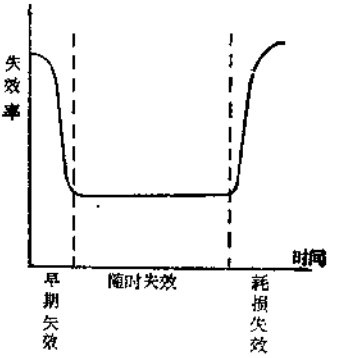


图6.3

器老化的一般机制，并且还能对仪器可靠性理论中一条重要的曲线加以阐释。近年来，随着人类使用的机械仪器系统日益复杂，对仪器可靠性的研究也形成了一门专门的学科。工程师发现，任何较复杂的仪器失效率都遵循图6.3所示的曲线①。仪器在投入使用的一段时间失效率较高，这一阶段称为早期失效。当使用一段时间后，失效率开始急骤降低，并长期保持很低水平（这一阶段称为随机失效）。当使用时间超过有效寿命后，失效率再度急增。整个曲线好象一个浴盆，因而也称为浴盆曲线。

为什么仪器刚开始使用时，仪器失效率较高？关键在于任何仪器的功能（包括零件的功能）对条件集 C_1，C_2 …Cn 总存在着这种那种不同程度

①王时任、陈继平：《可靠性工程概论》，华中工学院出版社，1989年版，第20页。

的反作用。真实仪器都是如图6.2这样一个子系统。在仪器工作前，由于功能尚未发挥，这些反作用都不存在，我们不可能在制造过程中将实现仪器原理的所有工作条件集 C_1，C_2…Cn 调到稳态。对于 C_1，C_2…Cn 中某几个条件往往需要仪器开动后，通过仪器自身的功能耦合才能调到所需要的稳态。当然我们在设计过程中，可以通过计算知道功能对条件的反作用，经过S和条件耦合可以把这些条件调到稳态，但这毕竟不是实际过程。因而，制造过程再精密，我们亦只能完成对 C_1，C_2…Cn 个稳态中的一部分加以控制。另外一些则需仪器工作时自动调整。这样就有一定的误差概率。而这些自动调整达到稳态往往需要一个过程。因而在一开始仪器并不是完全可靠的。一般说来，仪器越复杂，这些需要以工作状态自动调整达到的稳态越多，仪器工作状态与非工作状态的差别越大。功能对条件的反作用越大，起动后出现故障的可能性就越多。比如航天飞机以及那些在超低温、高温、高压下工作的机器都是如此。

当仪器运转一段时间，实现仪器原理的各个条件集 C_1，C_2…Cn 都进入确定的稳态后，仪器就相当可靠了。这就是图6.3中看到那处于浴盆曲线底部的情况。随着时间的推移，图6.2所示那些未

能完全耦合的功能所产生的微弱后果开始积累起来，使 C_1，C_2…Cn 发生越来越大的偏差，这时仪器进入衰老期，失效率开始增高，直至最后因老化而损坏。

6-3 衰老理论种种

虽然哲学家一再告诫人们，不要把人体当作一架机器，但是如果把人的结构与行为和机器相比，老化这一特征也许是其中最为类似的。首先，浴盆曲线对人体同样适用，如果把机器的失效率改为人的死亡率，我们可以发现，因各种疾病特别是内部原因造成人的死亡率在变化趋势上正好符合浴盆曲线。众所周知，生理学家把人体一生分为三个阶段：生长，发育期是内环境建立和逐渐完善阶段；成年期，是内环境稳定阶段；老年期，内环境稳定破坏，组织退化（衰老）阶段。这三个阶段在一定程度上和浴盆曲线的早期失效，随机失效及耗损失效相对应。人体早期失效期大约是胚胎形成到新生儿阶段。正如医学家所指出的，这一阶段人体组织系统破坏的概率是较高的。“胚胎在最初三个月时很易受损，例如酞胺哌啶酮可导致出生时肢体畸形。

孕妇患风疹可致胎儿心脏畸形……。妊娠第四到第九个月期间，外界因素不会引起胎儿严重畸形。胎儿娩出时，也容易受到伤害。新生儿期是很危险的……。但是，如果一个孩子没有危及生命的畸形且安然度过了他的第一个生日，则很可能会活到老年。”①

过了新生儿阶段后，人体组织破坏的概率就大大变小。似乎开始了浴盆曲线的随机失效期。英国保险统计员B.Gompertz早在1825年就提出一个著名的公式：

$$R_t = R_0 e^{at}$$

R_t为年龄为t时的死亡率，R_0为成熟年龄的死亡率（即相当于浴盆曲线盆底的数值），a称为Gompertz系数。这公式恰恰是证明了浴盆曲线的右边部分：人的死亡率随年龄增大而指数地增高。

目前，关于人体老化原因的研究已形成了大约二百种学说。这二百种学说中绝大部分所讲的老化原因和我们在上一节所讲的仪器老化的一般机制是出奇的类似。例如“劳损学说”认为“衰老是由于体内不能更换的组织器官逐渐劳损的缘故。科学家发现，机体的衰老变化中，由那些不能分裂和更替

①〔英〕N·D·卡特主编，《发育、生长、衰老》人民卫生出版社，1983年版，132页。

的细胞组成的器官尤为明显，而那些能进行有丝分裂的细胞通常无明显的衰老性改变，但红细胞约存活120日后就自动衰老了。大脑也是如此。……其最好的例子是非洲大象牙齿的耗损。”① 由于牙齿的耗损不能恢复，通常是非洲大象老年死亡的主要原因。肾脏的变化也是科学家爱用的证据。据统计②，哺乳动物肾脏的肾单位随年龄增长而减少。人到70岁时，肾单位估计至少损失40%。在这里，那些不可更替的器官类似于一个仪器系统在制造出来后就一意确定的稳态 C_1，C_2…Cn。而破坏这些稳态恰恰正好是人体组织的各种复杂功能。无论是象牙的耗损还是肾单位的损失都是牙齿和肾功能长期作用的结果。

如果我们从方法论上运用上一节所谈的仪器老化机制，就可以将目前大多数人体老化学说统一起来。剩下的差别只在于用上述一般原理来分析各种不同类型的过程而已！例如老化研究中另一重要学派“积聚学说”认为“衰老是由于代谢物普遍积聚造成的。……”，“钙积聚在不适当的部位（如动脉血管中层，特别是在弹性硬蛋白最多的部位）。首先弹性硬蛋白发生变化，致使更多的钙沉积在管壁

①② 〔英〕N·D·卡特主编《发育、生长、衰老》，人民卫生出版社，1983年版，152.162页。

处。老年色素——脂褐素在很多组织的细胞浆里积聚，特别是在骨胳肌、心肌和神经元里。……这些色素的来源不明，但它们的积聚与对功能影响的关系已得到了清楚的证明”。① 也就是说，积聚学说认为，某种缓慢的积聚过程破坏了人体组织，特别是那些不可更替的器官导致老化。如“胶原在肌细胞间的积聚……加之胶元的生物物理特性随衰老而变化，使得心脏的机械效率逐渐降低，向心脏纤维输送氧、营养物质和排出毒性代谢产物的能力也随之降低。类似的过程似乎也是皮肤、肺等其它器官衰老的原因。”② “积聚说”表面上似乎和“劳损说”是不同的，但只要我们进一步讨论“积聚”的原因，就会发现两种学说所主张的老化原因，本质上完全一致。

“积聚”的原因十分复杂，至今为止只是对某些“积聚”过程作了透彻的研究。但有关研究都证明：“积聚”之所以不可避免正因为是人体组织器官的各种正常功能。这方面，最有说服力的是近年来对动脉粥样硬化的探讨，众所周知，动脉粥样硬化是心血管系统的老化主要症候。它是胆固醇慢慢积聚的结果。

①③〔英〕N·D·卡特主编：《发育、生长、衰老》人民卫生出版社，1983年版，165页。

根据Russel·Ross和John、A·Glomsel提出的模式，动脉粥样硬化分三个阶段，首先是血液中的低密度脂蛋白（LDL）随着血液渗入受损伤的动脉血管内皮。接着血小板生长因子这类激素的释放促使内皮里层平滑肌细胞增生以修复损伤，并且白细胞也作为清除细胞侵入该区，而平滑肌细胞和白细胞吸收血液中的LDL作为营养成为泡沫细胞。但与此同时LDL中的胆固醇就在泡沫细胞之中，在它们之间积累起来。积累起来的胆固醇细胞和碎片就带来了动脉粥样硬化。① 血液中的LDL含量越高积累会越快。只要我们分析胆固醇积累的三个阶段就可以发现，无论是血液渗入受损的血管表皮，还是白细胞侵入以及平滑肌细胞增生，都是血管损坏修复机制的必需功能。它们吸收LDL也是这一组织维持其正常生化过程的必需功能。

然而，不容置疑的是：由LDL降解得到的胆固醇是与这个正常功能不可分割地联在一起的附加功能，这种微少的积累在一个相当长的时间内对人体内稳态没有害处，但这种附加功能长期作用却可以使动脉硬化，甚至产生血栓破坏人体内稳态。在这

①Michael,S·Brown,Joseph,L·Goldstein：《低密度脂蛋白受体如何影响胆固醇和动脉粥样硬化》，《科学》，中译本1985年3期，20—29页。

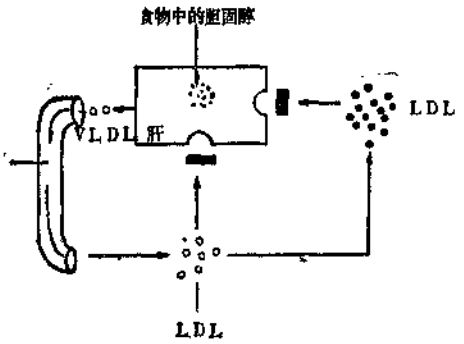


图6.4

一系列机制中，每一环节都和人体各子系统调节功能有关。就以血液中LDL浓度为例，它亦是和人体相应系统调节功能不可分割的多余功能和多余变量之一。近年来科学家发现，为什么高脂肪食物会导致血液中LDL浓度增高呢？原来在动物细胞表面有一种蛋白，称为LDL受体，它能够将血液中的LDL提取出来，使其被细胞吸收并分解为胆固醇以满足细胞的需要。细胞表面有多少LDL受体是由一个自耦合系统反馈控制的。当细胞内胆固醇数量超过需要时，受体合成就减少，这样吸收的LDL也就少，以防止细胞内胆固醇过剩。因面当人们长期食用高胆固醇食物，细胞内胆固醇充足，负反馈调节的后果是这些受体变少，使血液中LDL被吸收的部分变小，剩余的也就较多。同时我们知道，肝脏能够分

泌一种叫 VLDL 的物质，它可以转化为脂肪和肌肉内的LDL，这也是人体维系正常功能耦合必不可少的。LDL粒子除了被肝细胞表面LDL受体吸收外，其余全都转化为LDL。因此，一旦肝脏细胞内胆固醇含量高，LDL受体合成减少，这两个过程互相迭加，可使血液中LDL浓度很高（图6.4）。因而血浓中LDL浓度增高也是人体系统正常功能耦合调节中的某种副产品。它也是和控制细胞内胆固醇水平为内稳态机制的正常功能联系在一起的另一个多余变量。为了实现复杂的功能耦合和调节，人体中允许大量这些不可避免的多余变量存在，只要它们在短期内是无害的。然而导致内稳态偏离和器官老化却和这些微少多余功能和多余变量的长期影响有关。这样看来，所谓“积聚学说”实际上是从换一角度描述了功能对结构的慢性破坏。

衰老的自由基学说则从另一个方面考虑了人体组织各部分复杂的多余功能对组织结构的破坏。自由基说的要点是细胞成分尤其是不饱和脂肪酸的氧化作用产生一系列自由基反应，引起一些细胞非特异成分的积累性损伤。显然氧化过程在生化代谢中是不可缺少的功能，因而这类自由基副反应大约只能抑制减慢而不可彻底根除。

总之，如果将实现仪器功能的稳态 C_1，C_2…

Cn比作人体组织结构的内稳态，那么，如上所说的人体老化学说和我们讲的仪器老化机制基本上是吻合的。但是我们知道，仪器组织和人体组织有一个重大差别：仪器系统那些内稳态 $C_1, C_2 \cdots Cn$ 是一些天然稳态。它是依靠某种物质或物质性质（包括空间位置）本身的稳定性来实现的，而人体的内稳态则是内稳机制的产物。它的存在依靠一系列调节机制。因此，既然功能对结构的慢性破坏是仪器老化的机制，那么系统的复杂功能对保持某些内稳态稳定的调节机制之慢性破坏也应是人体老化的原因。

果然，我们发现，近年来也有不少科学家从这个角度来阐述老化过程。其中最著名的是把内分泌系统的变化看作是老化的主要原因。众所周知，激素对人体内环境稳定有着重要作用。因此，很多科学家把内分泌的变化当作衰老过程中内环境稳定性下降的基础。人们曾试图应用手术和激素调节来延缓衰老。目前这种学说还处于假设阶段，缺少足够的实验支持。

另一种学说是把老化原因归为DNA转录或译码的错误。最初有人认为DNA在复制中的误差积累，导致细胞和机体所依赖的遗传信息的退化，后来人们发现这种设想是错误的，因为DNA结构本身是一个内稳态，具有抗干扰和自动排除错误的能

力（见3.3 节）。因此，正确的思路是功能对维持DNA内稳态机制的慢性破坏。L. Oryel 提出，DNA 在整体生命活动过程中都是正常的，只是它所控制的那些过程中会出现少许误差。这些误差在短时期内无关紧要，但一旦积聚起来，使“差错成灾”导致老化。近年的研究证明，错误合成的蛋白质实际上随年龄而积累增多。这种观点实际上和“积聚说”差不多，只是把那些复杂功能对结构的破坏看作是蛋白质合成误差的积累后果。

Christian de Duve 的观点则更为深刻，他认为蛋白质合成错误的积聚也是由于机体那种自我排除有缺陷分子的机制受到损伤所致。这种观点和我们分析老化的一般原理完全一样。

Mecay 的经典性实验使我们对上述仪器老化机制的普适性获得信心。Mecay 发现，当用含热量不足而其它营养却适宜的食饵喂老鼠时，老鼠生长缓慢，但寿命却增长了。最近一些科学家采取青春期后限制摄入热量的方法，发现动物寿命延长虽不多，但毕竟是延长了。我认为这一结果正好是符合我们对老化机制方法论概括的。它似乎暗示，老化作用是复杂的多余功能对组织结构的慢性破坏，那么用热量不足的食物和其它降低组织各个部分活动水平的办法必定同时减少功能对结构的慢性破

坏，因而也能延长寿命。当然，人体组织十分复杂，老化机制的研究还处于开始阶段，但到目前为止的发现似乎都证明了我们在上一节提到功能对结构慢性破坏的观点普遍成立。人当然不是机器，因此，这种类似一定有更深刻的内在理由，我认为它正好反映了组织系统老化的机制具有普适性。

6-4 功能异化与结构畸变

人体老化和机器老化机制的类似性值得我们深思。从组织层次和复杂程度上讲，二者存在着质的差别，为什么老化过程都十分相象呢？我认为，这说明老化可能是结构和功能固定不变的组织的一种本质属性。它一定和组织系统普遍的规定性有关，它大约是如能量守恒和孤立系统熵增相类似的普遍规律，我们甚至可以进一步尝试从方法论上把老化的普遍规律推导出来。

本书一开始，我们严格地按照结构功能分析的方法展开对组织系统的分析。首先我们指出，对于组织的任何一种功能，我们都可以用广义因果律的耦合加以合成。当广义因果律中各个环节的组织的各个部分一一对应时，我们可以把具有这种功能的

组织看成一个由子系统功能耦合而成的。子系统的结构和功能耦合方式称为组织的结构。根据从功能来确定结构的思路，对于一种功能，我们总能找到一种对应的组织结构。但是反过来是不是说：对于一种结构，只对应着一种功能呢？完全不是这样！这里，十分关键的在于"结构"的定义。通常我们总是把结构等同于集合（比如功能耦合系统的输入与输出集）之间的关系（映射），但是同样集合之间是可以存在着多种关系的。因而实际情况是，对于任何一种真实组织结构，总存在着多种功能。例如我们必须考虑到任何组织都是处于内外干扰之中的，因此现实中能存在的组织结构，除了它对外部而言的整体功能以外，还必然具有另一种功能——维持生存的功能，如果不具备这种功能，它根本不能生存。也就是说，"存在"本身的逻辑从内部制约着一种组织结构必须对应着多种功能。我们在3.3节将其称为同一结构的多功能性。如果将组织结构和实体对应起来，那么任何具有某种结构的组织实体差不多都近于有无穷种功能！我认为，这一点十分重要，正是它带来组织系统普遍的老化机制。

无论对于仪器、生命、生态系统，还是社会组织，只要我们考虑到，组成它们的任何一个子系统作为一个实体，差不多总有无穷多种性质，亦即具

有无穷多的功能。那末，用这些子系统通过功能耦合形成有组织的整体时，必然只是利用其几种功能或功能的某些方面而已！仪器的每一个零件除了具有我们用它组成仪器所具有的那种相应功能外，它同时还具有各种各样的物理化学性质。人类设计仪器或自然界在形成组织时，不可能把这些性质和其它子系统在长时间内的各种作用统统考虑进去！2.2节所讲的那个由特定酶控制的生化功能耦合网，它们仅仅是利用了那参于这些过程中各种物质的某些物理和化学性质。本章第二节对电灯泡老化原因的讨论中，也遇到类似的情况。即使对于一个相当简单的分子，要化学家罗列它的一切性质，亦都不是太容易甚至是不可能的事情。正因为如此，任何一个确定的化学反应都存在某些副反应倾向。但只要这些副反应十分微弱，在短期内几乎不起作用，我们就可以用这些确定的反应组成一个确定的系统，甚至某个耗散结构。

社会组织不是同样吗？我们在2.2节证明，社会组织正是由人与人间的关系组成的巨大功能耦合网。在这个功能耦合系统中，依靠普遍的法律、政策、宗教信仰以及职业习惯等稳态的形成来维持这张关系网的稳定性。但是在任何一个社会组织中，由于每个子系统亦都是由人与人之间的关系组成．这

些关系本来就很复杂，任何一个人，任何一个机构除了遵循普遍的社会规范完成它们在社会组织中规定的功能或角色外，它同时还具备无穷多种可能行为。只要这些行为不会破坏那些作为占主导地位的社会化规范的稳态，它们都是被允许的。也就是说，社会组织中每一个子系统或元素，原则上亦有着无穷多个多余功能和多余变量（注意我们在这里是照搬了仪器关于多余功能的定义，对于每一个人来说，那些从整个社会组织原则来讲是多余的功能，对他则往往不是多余的。）

中世纪的欧洲，理发师除了完成给人理发这种功能外，他还具有给人动外科手术的附加功能。天文学研究往往亦只是一些占星家的附带或业余工作。在社会关系网中，只要那些不占主导地位的关系网越来越强化，最后往往会破坏了原有的占主导地位的关系网，造成社会组织结构潜在的变化。

生物学家曾计算了人体一半染色体DNA中所包含的信息量。精子及未受精的卵核所含遗传物质分别相当于40亿字。受精卵核中的遗传信息大约有80亿字。其信息量相当于17套大英百科全书那样庞大。（大英百科全书共23卷，每卷平均约1000页）。但在DNA中如此庞大的信息量中，只有百分之一左右是基因的功能，可以遗传。当然这不等于说DNA功

能的百分九十九是多余的①。但它表明一个真实的组织结构所具有的功能往往比组织系统实行功能耦合所需要的功能多得多。总之，组织系统越复杂，组成它的子系统也就越多，不参与耦合的功能数目也必定越庞大。这些不参与耦合的功能对组织维生结构的长期作用是不能忽略的。

从哲学上看，正是由于同一结构实体具有多功能性这一组织系统的普遍规定性，使我们（或自然界）利用子系统功能耦合组成组织时，必然要考虑子系统互相关系的时间尺度。只要某些功能在短期内不破坏由某些功能耦合而成的维生结构，那么，功能耦合系统就能无误建立，维生结构和相应维生功能也能运转良好！但那些在短时期内几乎不相关（相互影响甚微）的性质在长时间内可能变得非常重要！

柏拉图早就说过，人们是先有桌子，椅子的观念（模式）后再来制造实际的桌子和椅子的。柏拉图用这个比喻来说明存在和意识的关系，引起人们的非议。但用它来说明组织生存时却闪耀着真理之光。按照功能耦合的组织原则，任何组织似乎都是柏拉图式的。但正是柏拉图式的组织原理和实际组

①〔日〕木村资生编：《从遗传学看人类的未来》，科学出版社，1985年版，第2、126页。

织实体之间的内在不完全一致，造成组织内在破坏的动力。

那些参与耦合功能和未参与耦合功能的关系，很象物理学家经常谈起的短程力和长程力。在粒子之间距离极小时，万有引力比起量子力学作用力来说，就弱得多，可以忽略不计。万有引力的变化与距离平方成反比，而短程力与距离高次方成反比。因而随距离增长，万有引力减弱程度比那些短程力慢得多。因此，当我们考虑大尺度空间内物质的相互作用时，万有引力就占主导地位了。

在那些未耦合功能对组织的反作用上，我们也看到类似效应，但不同的是，这里考虑的是时间尺度而不是空间尺度。虽然那些未参加耦合的功能，暂时对结构的破坏可能很小，但从大时间尺度考虑时，那些参于耦合的功能整体效应是可以估计的，甚至有的倒是基本不变的，它们的长期影响有时倒不如那些未参与耦合功能微小作用对结构的影响来得重要。

因此，我们有必要引进一个新的概念来描述上述长期作用造成的后果。我们将其称为功能异化。异化是一个众所周知的哲学概念，它描述事物被其本身带来的后果所改变。在此，我们用功能异化来表示组织功能对结构长时间中的反作用。功能异化

是组织系统自我破坏和自我否定。组织的各种功能是组织结构决定的，包括那些未参与耦合的功能，都是组织结构的产物。而组织的存在就是要保持其基本结构稳定不变，但这基本结构的稳定性却受着这些未参与耦合功能的慢性侵蚀与破坏。我们所说的老化正是普遍的功能异化的表现之一。

这里，还有一个关键性问题需要解决，这就是功能异化的结果为什么会积累起来？所谓“积累”就是组织结构随着时间增长出现越来越明显的异化。在仪器老化和人体衰老过程中，异化表现为物质的损耗或废物的积累，对于一般组织系统，又怎样理解功能异化后果会一天天积累起来呢？

三十年代，著名生物学家进化论专家Haldane J.B.S曾提出一个重要原理：基因突变表现的效果越弱，遗传给下一代的比例就越高，再下一代继续下去就会使更多的人受到影响①。分析一下这个例子可以给我们重要的启发。所谓基因突变的表现效果越弱，正是指这个突变对生物维生结构的影响甚微。越是微小的影响，越容易积累起来，这是当代进化论的一个重大发现。为什么这些微小突变容易积累呢？因为，适者生存是保持基因库稳定的一种

① Haldane, J·B·S. « The effect of variation on fitness », Amer. Nature, 337—349 (1937).

机制，而那些对生存价值表现出影响很弱的突变，用适者生存机制对它筛选是不起作用的，它正处于这个层次维生结构的盲区之中！实际上，功能异化的结果会积累起来的普遍原因，正在于那些未参与耦合的功能对结构的反作用是处于组织调节机制的盲区之中的！我们知道，任何一个组织都有维生结构，维生结构是组织为了适应有大量干扰的环境而建立的。但那些未参加耦合的变量在短期内不对组织系统有明显作用，因而在组织中一般不存在相应的稳态机制来防止它们对组织结构的微小效应。或者反过来说，正因为这种作用的后果短期内太微小，组织不可能用一种机制来防止它们！那么这些作用的结果就可以积累起来，时间一长就导致我们难以预测的变化。这样看来，从另一个角度说，功能异化的原因可以归为未参与耦合功能对结构的超越于维生结构层次以外的某种作用。当组织维生结构是由多层次组成时，功能异化往往也是多层次的；它还会出现在这些调节层次之间，处于它们都无能为力的盲区。

最近，遗传学家发现一个十分有趣的现象：只有致死突变以及那些生存率和正常值有微小偏差的突变率最高。图6.5是一个实验结果。其横座标是从自然群体分离的果蝇染色体进行同型接合（纯

合）时的生存率；纵座标是突变频率。① 这张图表明，生存率处于0和1中间（即0.5左右）的突变相当少。我认为，这正是功能异化出现在盲区的证明。这张图可以用生物体维生结构加以解释，突变可以看作对DNA正常状态的某种干扰。然而DNA的维生结构是一种抗干扰机制。因而只有二类突变是可能的，一类是完全破坏DNA的维生结构，它们相当于那些致死突变，另一类是使DNA维生结构发生微小变形，这种微小变异只使DNA维生能力有少许改变。至于生存率处于中间状态的突变，它们很可能都属于DNA的调节范围，它们被DNA的维生结构抑制了。

如果考虑整个种群的维生结构，它有二个层次，一个是自然选择，淘汰致死基因，另一个是DNA保持自身稳定的结构。致死基因可以被自然选择机制抑制，但DNA维生结构的微小变化却缺乏必要的机制来对它进行调节。图6.5表示这些微小作用随时间积累的情况。

我们认为，只要承认功能异化的普遍性，就可以预见它在生物体生态系统和社会演化中所起的重要作用。近年来，进化论的某些新发现似乎已为这

①（日）木村资生编：《从遗传学看人类的未来》，科学出版社，1985年版，61页。

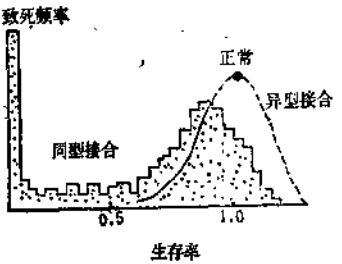


图6.5

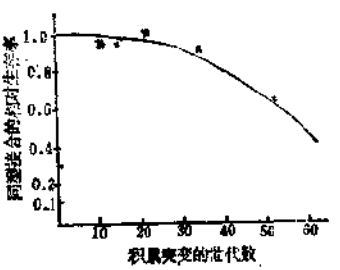


图6.6

个观点提供了证明。六十年代，日本生物学家提出著名的“中间进化”学说，认为生物进化中大部分氨基酸的置换都不是自然选择产生的，而是自然选择中的中间变化，是突变和遗传漂移的结果。① 虽然目前科学家正在热烈地争论“中性说”在进化理论中的地位，但遗传漂变却是一个事实。我认为，它或许正好提供了组织系统功能异化造成结构变化的某种证据。

人们或许会问，我们怎样来表现功能异化的积累效应呢？在仪器中，可以用稳态值的变化来表示

①Kimura, M., «Evolutionary rate at the Molecular Level», Nature, 217, 624—626 (1968).

老化，在一般组织中，也可以引进类似的表示方法。我认为，功能异化的不断加强，在很多场合表现为组织系统内稳态的移动，它是组织结构畸变的尺度。为了说明这一点，我们来分析一个具体例子。

中国封建王朝有二个代表其社会结构的重要的内稳态，土地兼并程度x_0和官僚机构清廉（或腐化）的程度y_0。这二个内稳态通过一个复杂的维生结构互相关联着。在社会结构正常时，这二个值基本保持不变。但功能异化的后果会造成x_0和y_0两个内稳态日益偏离正常值，而成为社会结构畸变的尺度。

我们知道，就地主经济本身而言，土地买卖和相对发达的商品经济存在使土地处于流动状态，它既有自发的兼并趋势，但同时存在着相反的过程：大地产由子遗产继承中的分家或因经营不善而分解为小土地所有制，或由于中央政府的律令使兼并过程受到限制。当土地兼并和分散这二种趋势在统计上处于平衡时，土地兼并度x就会成为内稳态x_0。把x控制成为x_0的机制（即上述二种相反的作用）看作为对x进行变换的耦合系统。同样，官僚机构清兼度y也处于二种相反作用的控制之中：即封建官僚有自发腐化倾向而封建王朝又可以通过科举制度对官僚进行吐故纳新、肃整吏治来打击腐化。这样y亦被一个自耦合系统控制在内稳态y_0。

这二个控制系统是互相关联的，如图6.7所示。控制{x}和{y}为内稳态的功能函数F_1及F_2各自依赖于另一个系统的内稳态，亦即F_1还依赖于y_0，而F_2除控制y外，亦依赖于x_0，即有如下关系：

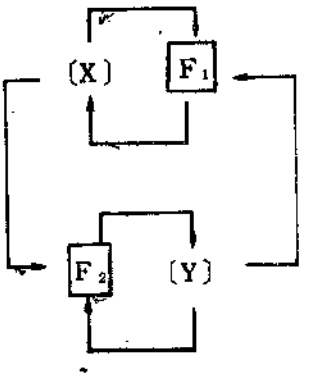


图6.7

$$F_1 = F_1(x, y_0)$$
$$F_2 = F_2(y, x_0)$$

也就说，宏观上看，控制土地兼并的功能与官僚机构是否腐败有关。当y_0大于某一临界值时意味着中央政府已十分腐败，它对土地兼并可能完全失去控制能力，这样x_0就不再成为稳态。同时，政府控制其机构廉洁度的机制又和土地兼并有关。当x_0大于某一临界水平时，亦即土地兼并程度过大时，则可能出现科举制不能将相对廉洁的中小地主知识分子吸收到官僚机构中来，而失去对官僚机构腐化的调节能力。从图6.7来看，整个系统可以组织得非常好。因为F_1保持x处于内稳态x_0，它开始时少于临界值，这时F_2有效，它可保持y处于内稳态y_0并使y_0也少于临界值。它反过来支持F_1的有效运转。这样二个层次的功能耦合保证

整个系统的结构稳定性。在这里，无论稳态x_0还是稳态y_0都是可以调节的量。

当系统内出现干扰，比如某一个王朝初期，土地兼并不严重，但官方很腐败，那末可以通过官僚的吐故纳新来减少官僚的腐化程度，功能F_2可使y回到稳态y_0。也就是说，只要干扰作用不使x_0，y_0的偏离度大于临界值，调节机制F_1和F_2都会使其回到稳态。

但是必须注意，这种功能耦合只是理想状态，从长时间看，还必须考虑那些未参与耦合的功能的作用，亦即功能异化的进度。已经说过，在y_0对F_1的作用和x_0对F_2的作用中，存在着未参与耦合的功能，例如官僚作为国家律令的执行者，他们同样可以参与土地兼并，又如商品经济对官僚机构的慢性腐蚀因素等等。这些微小影响是超越内稳机制的控制能力的，结果导统对x、y内稳态控制能力的削弱，亦即使F_1和F_2函数关系发生畸变，稳态x_0，y_0也就出现对正常状态的偏离。它表现为土地兼并程度一天天增高，官僚机构日益腐化。只是任何一个稳态单独偏离正常值，系统还具有调节能力，而一个组织系统所有互相联系的稳态都慢慢偏离正常值时，它就意味着组织结构发生畸变，这就使得改变每一机构都是无能为力的。当组织结构畸变到一定

程度，即x_0，y_0偏离到临界值范围以外，整个组织的稳定性就被破坏，系统出现混乱。

我认为，上面例子所用的分析方法是具有普遍性的。一般说来，组织的维生结构被功能异化慢慢破坏，总会表现为组织系统中各个相应内稳态的移动。当这些内稳态可从外部观察时（例如它对应着一种物态），我们就可看到某种物质被慢慢消耗或慢慢积累起来。在很多情况下，内稳态并不能直接观察到。不过它同样表示功能异化所造成的结构畸变的程度，这种表示方法很有用，它可以使我们简明地分析功能异化对组织结构的影响，例如功能异化到什么程度会破坏一个组织，甚至为理解演化和老化提供了某种数学分析方法。

6-5 模拟演化

异化造成结构畸变会带来什么后果？也就是说组织系统维生结构各个层次的内稳态都慢慢偏离正常值后，会出现什么情况？对于非线性系统，这是一个十分复杂的问题。为了说明这一点，我们来分析一个纯粹构想出来的例子。

假定一个组织系统某一个维生结构为自耦合系

统，它的功能函数是非线性的：$F(x)=4\lambda x(1-x)$。λ为参数（它也是内稳态）。功能异化的结果是λ数值慢慢变大。我们来考察λ变化引起的后果。显然，根据3.2节对非线性系统的分析，维生结构内稳态的条件是：

$F(x_0)=x_0$，$-1<F'(x_0)<1$，即它必须满足条件：

$$\begin{aligned} x_0&=4\lambda x_0(1-x_0)\\ -1&<4\lambda-8\lambda x_0<1 \end{aligned} \qquad (6.1)$$

从(6.1)可以算出，当$1/4<\lambda<\frac{3}{4}$时，x_0为内稳态，例如$\lambda=0.7$时，据图6.8a，蛛网法证明x_0为内稳态。我们在5.3节已讨论过，当λ慢慢变小，一直变到$\frac{1}{4}$时自耦合系统由于结构稳定性破坏必然崩溃的情况。现在假定功能异化使λ从0.7慢慢变大，会带来什么结果？显然，当$\lambda<\frac{3}{4}$时，系统仍是稳定的，功能异化只意味着x_0作某些移动，维生结构仍然稳定。当$\lambda=\frac{3}{4}$时，稳定性破坏，我们用蛛网法可以证明，这时系统破坏和$\lambda=\frac{1}{4}$时不一样，自耦合系统陷于等幅振荡(图6.8b)。

等幅振荡当然意味着原有维生结构稳定性破坏，但它和$\lambda=\frac{1}{4}$时的崩溃并不完全一样，因为等幅振荡表示系统还不是一片混乱（也不是绝不可能产

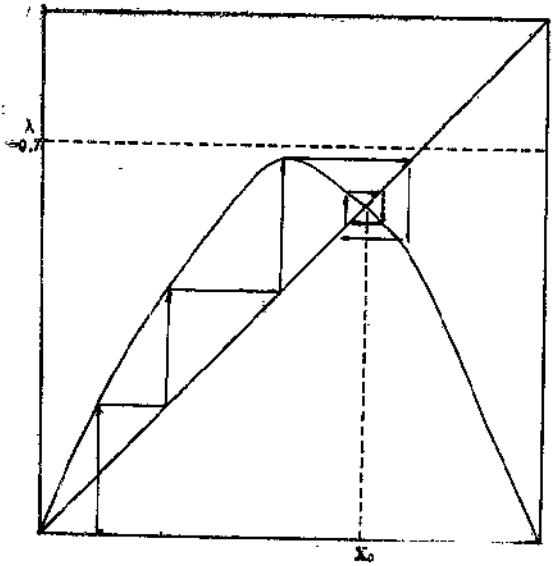


图6.8a

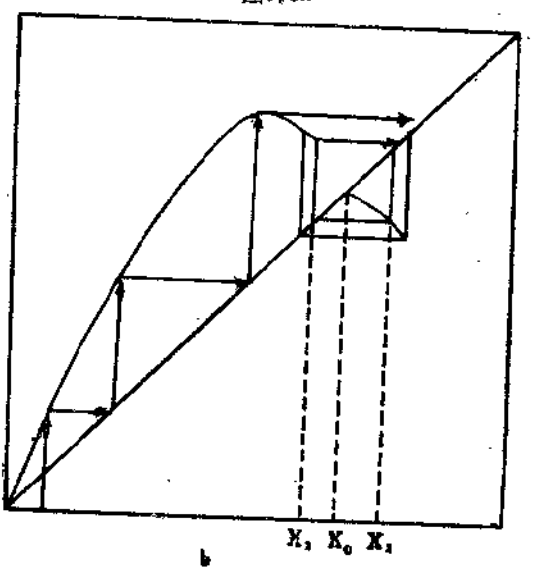
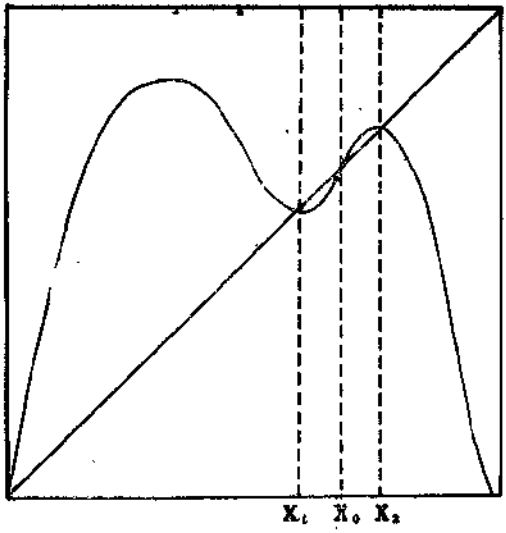


图6.8b



c

图6.8c

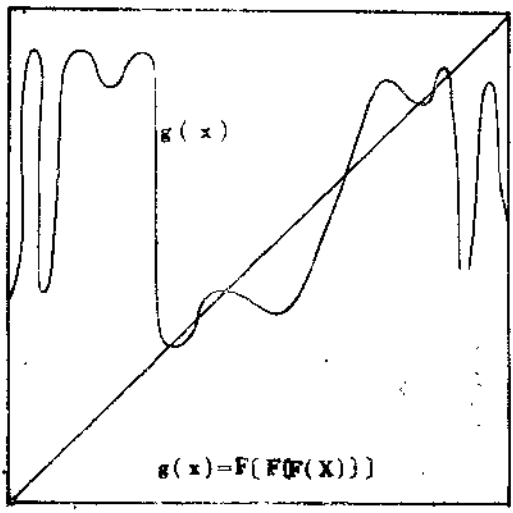


图6.8d

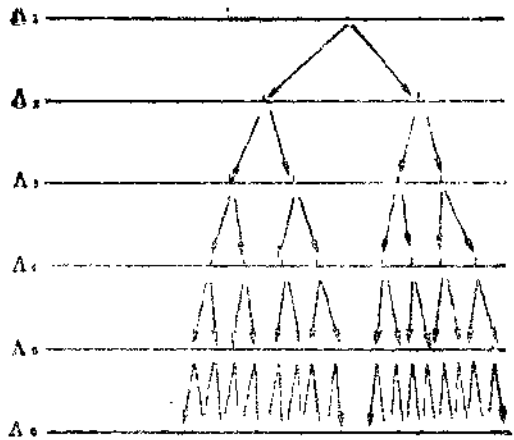


图6.8e

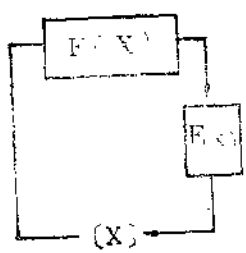


图6.9a

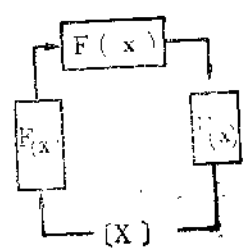


图6.9b

生新的内稳态)。我们可以想象，有一批同样的自耦合系统都发生功能异化，其λ值都等于$\frac{3}{4}$。如果两个被异化的自耦合系统互相耦合，形成如图6.9a的新的功能耦合系统，那会出现什么？图6.9a这样的系统同样可以用自耦合分析，其总的功能函数为F〔F(x)〕的函数曲线如图6.8C所示。它除零点外，和对角线有三个交点x_1，x_0，x_2非常有趣，x_1和x_2相当于由F(x)形成自耦合系统中作等幅振动时x的二个值。但它们在功能为F〔F(x)〕自耦合系统中居然是二个内稳态。而居于其中的x_0却是一个不稳定平衡。

这里我们看到了一个十分重要的现象。这就是λ从0.7增加到3/4时，首先是自耦合系统的内稳态变为不稳定了。然而只要将二个F(x)的子系统组成一个新的功能耦合系统，那么x_1和x_2又重新成为二个内稳态。同样，如果新系统照样出现功能异化，进一步增大λ(比如λ=0.87)，图6.9a的新的耦合系统二个内稳态x_1*和x_2*又变成不稳定，转化为二个等幅振荡。但只要将三个新的F(x)子系统串联起来成为一个，新的组织(图6.9b)又可重新形成四个内稳态(图6.8(d))。图6.8(e)表示功能异化使λ不断增大，取$\lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4\lambda_5\lambda_6$时造成内稳态不稳定，并通过形成新的耦合系统，分裂出一些新的稳定过程。

数学家 Feigenbaum 用计算机对这种分裂的条件作了计算。他发现，只有当λ收敛于一个临界值 $\lambda_c = 0.892486418$ 时，这种内稳态的分裂才是可能的。$\frac{\Lambda_n - \Lambda_{n-1}}{\Lambda_{n+1} - \Lambda_n}$ 逼近一个常数，其近似值为 4.669201660910299097……当λ一旦越过临界值 λ_c，那么无论怎样耦合，新形成的组织没有任何内稳态，它称为混乱区①。系统行为和湍流，鱼群随机波动十分相象。上述自耦合系统模型是科学家在研究加速器时碰到的，它有什么物理意义？至今人们还不清楚，但近年来，数学家甚至召开了这种系统自耦合研究的国际会议。数学家认为，这个例子表明即使那些十分简单的非线性系统一旦自耦合，就可以出现十分惊人的后果。Feigenbaum 则企图通过类似分析来创立一门新的学科"紊乱学"（Chaos）。我认为，这些结果都可以用功能异化来概括，它可以帮助人们理解组织的演化。

上述例子是数学家虚构的。但是，我倾向于把λ变大看作功能异化造成结构畸变的结果，把这两者结合起来，我发现，它似乎活灵活现地展示了演化过程最简单（然而却是深刻的）模型。我们知道，进化论早就指出，进化过程中一个重要现象

①Douglas R·Hofstander：《奇异吸引子：在秩序与混乱之间巧妙维持平衡的数学模型》，《科学》，1982年3期。

就是分叉（或称分支），物种树状进化图就是明显的例子。近年来耗散结构理论研究的一个重点就是说明进化过程中为什么会出现分叉现象。普里高津通过一些非线性方程的解证明分叉是耗散结构的基本特点。而在我们所说的自耦合系统演化中同样看到分叉现象（图6.8(e)），它的数学和物理背景都比耗散结构要简单得多。

自然，我们把上述自耦合系统看作DNA的维生结构，分叉看作生命系统的复杂化多样化是有点牵强的。但我认为，它至少提供了一个说明组织系统演化的想象模式。第一，演化动力可以来自于系统内部，它就是功能异化。功能异化造成维生结构的畸变，使维生结构变得不稳定。这时，为了维持组织的存在，必须建立新的维生结构。第二，我们可以利用异化创造的新结构来合成新的维生结构。在这个例子中，是简单地重复运用结构相同的被畸变的组织来合成新的组织，大约它是组织进化中一开始的必由之路，也是一种最简单的办法。在这里我们看到，两个组织耦合后，新的维生结构不仅是稳定的，而且由于非线性，稳态由一个变成二个，这样就出现有两种不同结构，来适应同一环境，亦即出现分叉现象。第三，这个例子说明用同一种方式进化，存在着某种天然极限。$\lambda_c = 0.89248\cdots\cdots$表示通过重复耦合

来适应环境变化的极限。在生物进化中，采用某种固定的办法来维持生存，虽然不断变换花样，但总有不可逾越的界限，这在生物进化和社会发展中是不难发现的常理。但我们在模型中也发现了这一点。一个简单的模型居然会导出如此复杂的行为，这不能不令人惊呀！

当然，这个模型毕竟太简单了，当组织系统层次很多，各个子系统不同时，异化造成子系统结构畸变的程度是不同的，而且新出现的子系统在性质上也往往是不同的。因此，形成新的组织方式具有比这个例子所揭示的更为广阔的天地，因而组织演化也更为复杂和千姿百态。我们必须从更高的层次来对功能异化造成的后果进行哲学概括。

6-6 无组织力量和熵增加的异同

上一节的讨论给我们一个启发，组织的功能异化和结构畸变必定存在两个方面：一方面是旧结构的破坏；另一方面，被异化了的子系统可能具有新的结构和新的功能。只要这些新的子系统能互相实现功能耦合，就有可能创造出新的组织。

原则上讲，任何被异化了的结构都具有新的功

能，可能它孕育着新组织的要素。但这些被异化了的子系统能否形成一个新组织，不能光看它的本身，而要看它们之间的整体性关系。亦即那些具有新结构的子系统能否形成功能耦合，包括能否建立稳定的维生结构。在一个组织系统中，如果部分被异化的子系统有可能形成新的组织，我们称其为新组织的潜结构。但是对于那些被异化了的子系统，当它们不能形成新的功能耦合系统时，异化的结果则是破坏性的，我们称其为无组织力量。因此，在逻辑上，功能异化造成结构畸变可以分为二个部分加以考察。一是潜结构的形成，另一个是无组织力量的增长。

我们所讲的老化，实际上是指无组织力量的增长。对于不同的组织，其功能异化的后果是大不相同的。就仪器组织而言，异化和结构畸变的绝大多数后果都是无组织力量的增加，而没有潜组织生成。当然，在人类发明史上，虽然也有从一架偶然性烧坏或出现故障的仪器中悟出新仪器的道理，但这毕竟太罕见了。为什么仪器的功能异化总是表现为无组织力量的增加呢？我认为，关键在于人类制造仪器的目的，决定了它的整体功能和结构存在着严格的对应性。我们知道，功能异化的子系统要形成新组织，一个首要条件是它们能互相耦合，形成

新的维生结构。但对于仪器组织，它还要满足另一条件，即新生成的维生结构具有的功能必须对我们“有用”！对于很多仪器系统，它的结构畸变后出现新的功能耦合虽非绝对不可能，但是，由于我们所需要仪器功能和仪器结构间存在着严格的对应性，这些自动耦合起来的新的维生结构往往不可能具有“有用的”总体功能。一架图像畸变的电视机和不按正确程序运行的计算机，虽然它是结构稳定的，但只能是一架毫无用处的仪器。

这样看来，对于生态、社会组织等，由于不存在类似于对仪器组织的要求，功能异化就有可能形成新组织。一般说来，只要被异化的子系统能通过功能耦合形成新的维生结构，就意味着新组织形态发生！确实，我们在生态组织和社会组织中可以举出不少例子。我在《西方社会结构的演变》一书中曾讨论过一个池塘生态系统沼泽化过程。沼泽化就是组织系统的功能异化，它同时在创造一种新的生态结构。同样，在社会组织演变中，罗马共和国转化为罗马帝国，查里曼帝国的分裂和西欧封建社会的确立，都是功能异化创造新社会结构的例证①。一般说来，由于新的组织结构是在旧组织机制中形成

①金观涛，唐若昕：《西方社会结构的演变》四川人民出版社，1985年

的，旧组织结构既创造了新组织生长的要素，又是新组织形成的环境。当环境对新组织维生功能的要求十分苛刻时，特别是新组织必须形成高度复杂和多层次的维生结构才能生存时，由异化生成新组织就十分困难，这时异化差不多都会导致无组织力量的增长，因为异化只是一种盲目的创造力量。同理，当组织结构相对简单，层次不太复杂时，异化导致创造新结构的可能性也较大。

我认为，利用这一原理可以理解组织系统很多奇特的性质。著名的Hayflick现象就是一个例子。在6.3节我们讨论了几种老化学说。在老化机制研究的早期，人们曾经普遍抱着一种见解，认为组成人体的细胞本身并不会老化，如“在活体内，衰老是由于细胞间间质的变化引起的，……这些变化可能限制了细胞的营养效率或毒性代谢物转移。”① 但是，一位名叫Hayflick的科学家发现，这种见解是错的，他证明不同动物的纤维细胞在组织中培养生长时，细胞并不是永恒的，它也会老化，老化细胞死亡前就已出现多次分裂，而这种潜在分裂的次数与生物种的最高寿限有关。他还指出，成人比胎儿的纤维细胞的成倍分裂更少。这是一个重要发

①〔英〕N·D·卡特兰编《发育、生长、衰老》人民卫生出版社1988年版，第167页。

现，它似乎证明，人体组织老化和组成它的基本单位的老化密切相关。但是，更有趣的是，一切细胞都会老死这一结论并非绝对正确，某些细胞确实是“不死的”，例如Hela细胞，但科学家发现，这些细胞虽然不死，但在培养中会发生转化，它已经具有和原来不同的结构了。

我认为，细胞老化研究中的种种奇怪现象正好证实了组织系统功能异化的不可避免性。它们可以用功能异化过程中无组织力量和潜组织生成来加以解释。首先，具有确定结构的细胞也是一个结构固定的组织系统，大约功能异化对它同样存在。但是细胞的结构毕竟比人体组织简单多了。因此在功能异化过程中，结构畸变导致“变构”——转化为另一种细胞的可能性也大得多，这就相当于潜结构的生长。相反，如果异化不导致结构改变，功能异化是能导致老化。这相当于无组织力量的增长。

哲学家常说，万古长存的山岭不一定胜于瞬息即逝的玫瑰。实际上，无论对于山岭和玫瑰，只要它是一个有确定结构的整体，都不能抗拒异化造成的变迁。无非是组织程度越高，结构越固定，受到异化的冲击力越大。功能异化是一种内在永不安宁的发展动力。任何有组织的整体，一种选择是顺应着异化的方向不断改变结构，如果它企图保持某种

结构长期不变，那么功能异化就全部转化为无组织力量，老化过程必然出现！这一切有如黄河河道的历史变迁。泥沙的沉积导致河床一天天升高，无疑是河道结构被功能异化的结果。这种特殊功能异化方式已注定黄河的历史性命运！一类情况是几千年中经常发生的当河床高到一定程度使黄河泛滥所造成的河道改变，另一种可能是人类为了使黄河不改道，不得不每年加高周围的堤坝。但堤坝越加越高，以至河床大大高于周围地区时，黄河也就越来越危险。抗拒结构不断改变，大约总是以某种不可收拾的老化结局为代价的。当然，还有其它办法，比如人为地改变组织结构，或采用某些措施清除无组织力量等等。但是组织结构改变了虽可以清除某一种无组织力量，但又会带来另一种无组织力量。功能异化是整体功能的必然产儿。当考虑人对组织作用时，整体的哲学必须把人和组织当作一个新的整体来研究。对于这个新的整体，同样有功能异化的新形式。人类解决了某一个问题，总是会引起其它新的问题。从整体哲学长远观点来看，世界向人类提出的问题，连同人类解决问题的过程一起，都在互相异化中向前演进，永远不会有一个终结。

当然，我们关于功能异化结果的讨论过于一般化，也不可能十分深入。实际上，对于不同的组

织，无论是潜组织的成长和无组织力量的增加都是十分不同的。而且它们相互交织在一起。对于大多数复杂组织，我们还不知道这二者关系的细节。正因为如此，组织演化问题至今没有解决。我们曾根据无组织力量和潜组织的关系区分出四种最基本的演化模式，它们是静态停滞，结构取代，灭绝和超稳定系统①。特别是某些组织可能在其发展中定期清除无组织力量的办法，至今我们几乎一无所知。我们在前一节把遗传漂变看作功能异化，但对于某些特殊的物种，比如那些被称为活化石的种群，为什么可以长期保持固定的结构？又例如生物体老化几乎是多细胞种群不可抗拒的规律，但生物学家确实发现有所谓“不衰老的种群存在”，目前已发现的非衰老性多细胞动物很少，但确实有，比如海葵就是罕见的例子之一。科学家发现，海葵虽然不会衰老，但维生功能几乎不太健全，它在生命的每个阶段随时都有自发死亡的可能。对于这些奇特的反例，我认为，它并不是证明功能异化对它们不适用，而是我们尚未了解其组织的秘密。很可能这种组织内部有一种定期清除无组织力量的系统。当然这种系统的存在可能是以损害系统其它功能为代价

①金观涛，王军衔：《悲壮的衰落》四川人民出版社，1988年版。

的。海葵维生功能的不健全亦可能与此有关。

又例如生态系统的演替过程，其中既有组织的生长（如4.2节所讨论的），也有功能异化。异化过程既有新组织产生，又有无组织力量增加，这众多的因素错综复杂地交织在一起，只有搞清楚细节，我们才能真正理解生态组织的演化。

但是，虽然我们从潜组织和无组织力量的关系区分出四种最基本模式，并在社会发展中得到部分证实，这四种模式毕竟太简单了。在生态和生命系统中无组织力量和潜组织的关系是十分复杂的。虽然我们对此所知甚少。但我认为，指出任何组织功能异化的不可抗拒，这本身对解决某些复杂问题已有着启发意义。例如生态学中关于顶极群落发展方向至今仍是生态学中争论颇大的问题。众所周知，顶极群落是演替的最后阶段，结构具有最大的稳定性，那么顶极群落作为一种生态组织是否可以永远维持下去，目前据现有的资料还不足以对这个问题下结论。但一些生态学家认为，顶极群落本身一定处于进一步演化之中，如Rexford Daubenmire曾这样写道："可以给顶极群落下一个实用和保守的定义，即顶极群落是不存在着更替证据的群落。但是，顶极肯定不是一种永恒不变的状态，虽然在习惯上，我们可能使用恒久的（Permanent）与稳定

的等词汇。一个优势种的死去改变了其附近每个有关植株的有效资源总量，并随着影响其它种类高度的第二级变化等等，与此同时，继续重新调整的可能性逐渐地缩小了。既然，在时间和空间上，这些种群更新的序列是重迭进行的，那么顶极生态系统的任何一部份都不会是稳定的。……未来植被变化的性质是不可知的。”① 我认为，组织系统的功能异化的普遍规律对顶极群落一定是适用的。因此从方法论上讲，顶极群同样存在着打破稳定结构的内在力量。但是顶极群落功能异化的方式是什么？是无组织力量还是潜组织？虽然现在还没有充足的证据加以判断，但很显然，如果顶极群落确是演替的终点，也就说，它已经不再继续产生潜组织，那么功能异化的结果大多表现为无组织力量的增加，因而顶极群落必然会老化。老化导致结构的破坏，使得生态结构又回到比较简单的阶段，而演化又从这一阶段重新开始。也就是说，顶极群落很可能是一个超稳定系统！② 我们的分析有没有根据？生态学

①〔美〕Rexford Daubenmire《植物群落—植物群落生态学教程》，人民教育出版社，1981年版，第262页。

②但是，例如，一个超稳态的生态系统，却不一定是顶极群落。对于其他组织系统也应如此考虑，例如社会组织系统。参见我的著作《兴盛与危机——论中国封建社会的超稳定结构》，湖南人民出版社，1984年。

家，如R．Knapp发现，某些生态系统遵循“循环演替”模式，即当演替到某一阶段（常是终极阶段）后，出现群落中优势种的属性开始破坏的现象。破坏后，演替又从起始段或某一中间阶段重新开始①。似乎顶极群落也会经历老化、新生、老化这样波浪式的演替过程。循环（Cyclic）演替机制的关键在于：顶极群落是怎样自我破坏的？自我破坏在演替过程中占多大比重？生态学家正在研究之中。但循环演替模式无疑是超稳定系统模式在生态演替中的例证。问题的微妙在于：如果顶极群落不是演替的终点，那么必然就存在着其他演替模式，甚至可能是多种多样的。那些衰亡了的顶极群落到底是怎样衰亡的？今天的顶极群落最终将怎样发展？我们等待着生态学（包括古生态学）、考古学、历史、组织理论等各有关领域的重大突破。

总之，我认为，虽然有关功能异化的细节尚不清楚，根据组织系统功能异化的普遍性，我们可以提出一条系统论的原理：任何一个结构固定的组织，只要它不可能向新的结构转化，那么功能异化必然全部表现为无组织力量。这样，无组织力量在这种组织系统中必定是不断增加的。除非组织系统

①〔联邦德国〕R．克纳普主编：《植被动态》，科学出版社，1988年版，第88页。

可以定期清除积累起来的无组织力量，老化将不可避免！一直到这个组织系统完全破坏，变为无组织混乱为止！

我认为，这一系统论定理有着广泛的普适性。人们每天在每个地方都可以看到这个原理的各种具体表现。一个房间一开始十分整洁，一切井井有条，但只要不去收拾它，它必然一天比一天混乱，一直到你觉得不可忍耐，不得不彻底清除一下积累起来的废物！一支长期未经实战的军队，组织性一天比一天松驰，如清朝八旗子弟兵的蜕变；灌溉造成的土地盐碱化，官僚机构的腐败，埃及法老神权的丧失等等都是例子。

实际上，哲学家早就发现了这一点，他们曾用如下充满智慧的格言来概括这种现象：整个宇宙中具有结构和价值的事物都在不可挽回地向着杂乱无章和荒废的方向变化。科学家则更倾向于把熵增加和一个组织系统自发趋于混乱等同起来，他们用熵增加来解释这一切。诺贝尔奖获得者，化学家弗里得里克·李迪认为，热力学定律“作为最后的手段控制着各政治体制的兴衰，各国的自由或奴役，工商活动，贫富的产生，以及种族的普遍物质福利。”六十年代以后，越来越多的科学家发现了这个问题的重要，但他们差不多都是用熵增加来解

释这一切的。因此，近年来出现了把熵概念推广到社会科学中的高潮，例如美国著名经济学家布尔丁（K. E Boolding）在《组织化度量和估值的某些问题》中提出，熵的分布应该成为组织化程度的指数，“在生产过程中，无疑以生产高熵废料为代价而分离熵，来制造高度有序的低熵产品（商品）”。有人认为，“汽车比废铁有序度高”“消费意味着使有序退化为无序，这是一种典型的‘熵’过程”，“生产是一种反熵”！日本理化研究所槌田敦1982年出版了一本《资源的物理学入门》，系统地把熵的概念引入了经济学。

我认为，这表明近年来组织理论有了重大的发展，特别是组织系统自动趋于混乱过程引起了科学界普遍的兴趣。

但是，必须指出的是，这些探讨虽有启发价值，很多人却犯了一个错误，把组织系统走向混乱全部归为熵增加，这在科学上是难以成立的，应该是用组织系统无组织力量增加这一新概念来概括才对。我认为，我在这里提出的无组织力量和熵是两个完全不同的概念。严格说来，熵只存在于随机系统中，对于二个一意确定的系统，虽然混乱度不同，却不能比较那一个熵更高一些。例如一间混乱的房间和一间整洁的房间的熵值大约差不多。房间

虽然混乱，但房间中各种东西的分布是一意确定的。因此，用熵增加来说明房间布置趋于无序大约只可能是一种类比。同样，如果我们认为废铜烂铁或者一堆零件的熵值一定比一架仪器来得高，这也十分牵强附会。零件堆虽然无序，但位置分布却一意确定。对投骰子这样的过程，我们能求出它的熵值，但在3.2节中所讲的鱼群波动，特别是图3.4所示的自耦合系统变化轨迹，虽然它很象投骰子，但只要初始值确定，这个变化序列也是一意确定的。这是一种确定性的混乱，严格说来，它和熵并没有关系！

有人或许会反驳说，用熵增加来表示混乱是一种类比，在社会科学中应允许合理的类比。确实，类比是有意义的，但必须符合科学规范。我们知道，两件事物只有在行为方式上完全同构或同态，用另一事物来类比另一事物才是科学的。然而随机过程和确定性过程是完全不同的，它们绝不可能同构或同态！

对于确定过程，不存在不确定性（至少在概念上），而熵是对事物不确定性的度量，因而用熵来描述那些确定性过程引起的混乱会把我们的分析引向歧途。例如，如果组织的混乱完全可以表示为系统的熵，熵具有可加性，即混乱加混乱一定等于更大的混乱。但无组织力量却不一定具有这个性质，

一个如图3.4所示自耦合系统的混乱同另一个看来混乱的自耦合系统耦合起来，从整体上却可能是有序的！在中国封建社会研究中，就会碰到这方面的例子。中国封建王朝内部无组织力量的积累表现为土地兼并和官僚机构腐败，它们都不是熵，而且王朝崩溃后出现大动乱，大动乱后，无组织力量得到消除。大动乱是一种混乱，无组织力量也是组织导致混乱的根源。一个混乱加上另一个混乱，居然可以带来某种秩序，这在组织系统中是屡见不鲜的。

当然，无组织力量增长中可以包含熵增加，我们把无组织力量定义为组织结构畸变的程度，它相当于内稳态互相偏离正常状态，这时系统抗干扰能力降低。就干扰来讲，如果它是随机变量，可以用熵来度量它。但图3.4所示的自耦合系统，对某个干扰的反应，虽然同样是无规则的波动，但它是无组织力量造成的混乱。我认为，这种混乱在组织系统瓦解过程中比熵增加更为常见。因而，无组织力量应该是一个新的概念，无论从它的定义及产生的根源和造成的后果都和熵增加是不一样的。我们把它看作和组织层次、结构、容量以及稳定性等同样重要的基本概念。长期以来，人们并没有把无组织力量和熵区别开来，这也许正如当时没有把温度和热量严格区别一样会阻碍组织理论的进一步发展。

我们期待着无组织力量这一概念能对深入认识组织演变的规律作出贡献！

6-7 组织演化：我们面临新的综合

爱因斯坦曾说过，他觉得世界上最不可理解的是这个世界居然可以被理解。回顾全书的思路，我们可能会有同样的惊愕之感。因为我们的出发点和遵循的方法是出奇地简单。整体哲学的大厦只建立在如下两个最基本的前提之上：

1 任何现象都是有条件的，我们将其称为事物的条件性。认识某一现象和它所依赖的充分必要条件就是发现广义因果律。

2 任何一种存在都处于内外不确定干扰的包围之中，我们称其为现实世界的不确定性背景。

这两个基本前提是被人类的实践、特别是科学千百万次证实的，具有包罗万象的普遍性。第一个原理也是科学要求用受控实验来证明事物之间互相联系这一基本规范的另一种概括。第二个前提相当于承认事物的内在发展性①。在这个足够坚实的基

①我在《发展的哲学——论矛盾，悖论和不确定性》一文中曾系统证明过这一点，详见《走向未来杂志》创刊号，四川人民出版社，1986年。

础上，我们只要运用结构功能分析方法，就发现可以站在巨人的肩上，瞭望正在兴起的组织领域的全貌，把正在发展中的各个领域统一起来！领悟到整体哲学未来的结构！

首先，既然我们大胆承认只有有条件的现象和存在是第一性的，那么作为不需要从外部来说明其性质的整体，这必然是一个由广义因果律互相耦合而成的闭合系统！这也就是说，我们是用整体各个部分的互相依存和互相规定来说明整体的规定性性质的。当这些互为条件和互为因果的联系割断时，整体瓦解，整体的属性也就丧失了！但是，广义因果性互相耦合方式是非常之多的。一切耦合方式形成由各种组合可能所构成的状态空间。这样，我们不得不把整体放到一个广大的组合空间加以考虑，不得不承认可能是比实在更为基本的概念！因为每一种耦合方式只代表了一种整体存在的可能性，而不能代表真实的整体。为了解决哪些组织是实在的，我们必须考虑第二个前提的制约。我们就碰到了组织系统的稳定性问题。只有那些具有维生功能，能够保证整个结构在不确定性的干扰中仍旧不变的组织才能存在。这样一来，形形色色组织系统的存在和演化就可以用统一的方法来加以解决。其途径就存在于组织系统稳定性问题之中。维生功能的瓦解

标志着组织的解体，维生功能的变化则带来组织结构的演化。这样，组织起源也迎刃而解了。它实质上变成另一个问题：这就是考察组合可能性空间中的稳定性之洼！只要把高层次的随机涨落和组织维生功能判断结合起来，就可以说明组织系统的起源。

接着我们考虑了功能耦合的层次，发现它可以揭示生长的机制；随着我们涉及的组织系统是多层次的，那么稳定性研究也必须深入一步，进入层次和稳定性的关系，这就是结构的稳定性。非常有趣的是，每随着我们分析的逻辑深入一步，往往会把原来组织系统意想不到的形形色色的特征卷进这个研究纲领。在一开始，我们的框架只谈机制、功能和结构，并没有谈到结构变化的方式，但现在我们发现它可以包容突变理论的基本内容，甚至可以找到一种研究组织形状的方法！

当我们把组织系统归为一种多层次的功能耦合系统时，我们的模型开始一步一步接近于真实的组织系统。这时我们发现了同一结构子系统的多功能性，以及组织系统实现子系统所有功能完全耦合的不可能性。由于这种不可能性，结构的功能异化不可避免。我们吃惊地发现，这正好和组织系统结构内在的变化和老化有关。

我们从最简单的功能耦合开始，从用整体的内部来说明整体开始，但在思想展开的最后，我们却碰到了内在的演化力量，发现异化和无组织力量的增长，发现任何整体不可能是闭合的。它必然处于永恒的动荡与演化之中。

这一切似乎象一个雄心勃勃的研究纲领，它企图从一些最为常见也是人们熟视无睹的基本公理出发，来推演出整体哲学的体系。它居然能说明组织的整体性、发生、生长、老化那些表面上看来似乎神秘莫测的特点。这一切似乎太简单了，简单得使人不安。但是，正如康德所说，如果大自然不能让我们实现自己的雄心，它也不会在我们心中树立雄心。也许自然的真理和人生的真理一样，从本质上都是深刻而简单的。那些复杂的研究对象所以显得复杂，可能是因为我们忘了深刻的东西一定是简单的，忘了科学和理性的目的正是去寻找纷乱表象后面的简单性。

很多时候，我们之所以裹足不前，常常并不是缺乏能力，而是失去了对世界和自己的信心，当我们满足于过去某个时候科学和理性的成就之时，盲目的迷信往往会滋长起来，冲淡或否定了科学的求实和创造精神。那些已经点燃的理性之光不再继续增加自己的燃料，人们忘记了超越前人和自己。当

人们有一天从过去的梦中猛醒，又会变得过于虚无，从怀疑理性成果的失误变成对科学理性的怀疑，陷入非理性反科学的泥潭。当人们重新尊重求实精神，开始研究新的事实，他们又容易陷入具体学科的细节中去，忘记自然界深刻的统一和单纯，他们甚至会轻视别的领域的发展，把自己封闭起来，使科学成为一种技艺，而失去智慧。然而科学精神要求人类永远处于一种微妙的均衡状态，处于一种艰难而必要的张力之中。它必须清醒而又充满深刻的激情，既求实又富有对整体的洞察，既尊重过去又怀疑现在，它永远以一种建设性的批判目光来看待一切。对整体的哲学也是如此。

近半个世纪以来，整体哲学的所有进展都是企图织起一张理性和实证的大网。来把握这个动荡而又互相联系着的世界。但无论是系统论、控制论、耗散结构理论、突变理论、或我在本书中引进的一些新概念，都只是这张大网中的部分结组。迄今为止，从这些结组出发，把它们互相联系起来所能理解的现象只是组织系统比较简单的性质。真正重要的是组织系统演化的规律，对于这规律我们却知道得太少！为了揭示演化，我们必须分析目前已经得到的各个概念之间的关系。例如结构稳定性和无组织力量的关系，组织的容量和潜组织生成的关系，

异化速度与组织结构类型的关系等等。无论是定性上还是定量上，我们都所知甚少。因此，组织理论的发展还有待于新的综合，有待于发现这张大网中新的结纽，并把它们真正联成整体哲学之网。本书所做的努力仅仅只是一个开始。但是，作为抛砖引玉的导论，我们不得不结束了。

整体演化的神秘大部分还处于混沌之中。正如康德所说，我们在黑暗之中，只有想象力在暗中奔驰，并创造出不寻常的东西。但是我还想补充一句，我们等待着实证和在某些组织研究中划时代的科学发现的闪电，来照亮进一步前进的道路。

走向未来丛书

一九八四年出版

人的发现	李平晔著
增长的极限	（罗马俱乐部关于人类困境的研究报告）
	李宝恒译
激动人心的年代	李醒民著
GE8——一条永恒的金带	道·霍夫斯塔特原著
	乐秀成编译
现代物理学与东方神秘主义	根据F·卡普拉的《物理学之道》编译 灌 耕编译
现实与选择	朱嘉明 吕 政著
经济控制论	何维凌 邓英淘编著
探险与世界	于有彬编著
看不见的手	杨君昌等著
语言学与现代科学	陈明远编著
在历史的表象背后	金观涛著
让科学的光芒照亮自己	刘青峰著

走向未来丛书

一九八五年出版

人的现代化 〔美〕阿历克斯·英格尔斯等著 殷陆君编译

大变动时代的建设者 汪家熔编著

没有极限的增长 朱利安·林肯·西蒙原著
黄江南 朱嘉明编译

西方社会结构的建变 金观涛 唐若昕著

在国际舞台上 陈汉文编著

昨天 今天 明天 邓正来编著

摇篮与墓地 陈越光 陈小雅著

择优分配原理 茅于轼著

第三次数学危机 胡作玄著

凯恩斯革命 杨君昌编著

艺术魅力的探寻 林兴宅编著

西方文官系统 杨百揆 陈子明 陈兆钺 李盛平
缪晓非著

动态经济系统的调节与变化 邓英淘 何纪凌新著

新的综合 〔美〕爱德华·奥尔本·威尔逊著
李昆峰编译

走向未来丛书

一九八六年出版

富饶的贫困	王小强　白南风著
定量社会学	郭治安　姜　璐　沈小峰编译
儒家文化的困境	萧功秦著
系统思想	〔美〕小拉尔夫·弗·迈尔斯主编 杨志信　葛明浩译
日本为什么"成功"	〔日〕森岛通夫著　胡国成译
悲壮的衰落	金观涛　王军衔著
弗洛伊德著作选	约翰·里克曼编　贺明明译
西方的丑学	刘　东著
十七世纪英国的科学、技术与社会	〔美〕R·K·默顿著 范岱年　吴　忠　蒋效东译
画布上的创造	戴士和著
梁启超与中儒近代思趋	〔美〕约瑟夫·阿·勒文森著 刘　伟　刘　丽　姜铁军译
新教伦理与资本主义精神	〔德〕马克斯·韦伯著 黄晓京　彭　强译
信息革命的技术源流	宋德生著
增长、短缺与效率	〔匈〕亚诺什·科尔内原著 崔之元　钱铭今译

走向未来丛书

一九八七年出版

走向现代国家之路 钱乘旦 陈意新著
竞争中的合作 陈汉文编著
计量历史学 〔苏〕科瓦尔琴科主编 宁 一 肖 岭译
哲学的还原 麦克斯韦·约翰·查尔斯沃斯著 田晓春译
凯恩斯理论与中国经济 林一知著
人的创世纪 张 猛 顾 昕 张继宗编著
社会研究方法 〔美〕艾尔·巴比著 李银河译
发展社会学 胡格韦尔特著 白 桦 丁一凡编译
上帝怎样掷骰子 陈克艰著
空寂的神殿 谢选骏著
震撼心灵的古流律 郑 凡著
以权力制约权力 朱光磊著
整体的哲学 金观涛著
人体文化 谢 长 葛 岩著
人心中的历史 刘 昶著
探寻新的模式 罗首初 万解秋著
发展的主题 周其仁 杜 鹰 邱继成著
社会选择与个人价值 〔美〕K·J·阿罗著
陈志武 崔之元译
对科学的傲慢与偏见 〔英〕查·帕·斯诺著
陈钜六 刘 佑译
马克斯·韦伯 〔英〕弗兰克·帕金著 刘 东 谢维和译